

Universidade Técnica de Lisboa  
Faculdade de Arquitectura

Mestrado em Arquitectura Bioclimática

## EDIFÍCIOS SAUDÁVEIS

Especificação de materiais e de componentes construtivos para a  
qualidade do ambiente interior

Paula Cristina Borges de Souza

### ORIENTADOR CIENTÍFICO

Professor Doutor Eduardo Guimarães de Oliveira Fernandes

### JURI

Presidente: Doutora Maria Madalena Aguiar da Cunha Matos, Professora Associada da  
Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa

Vogal: Doutor Jorge Manuel Tavares Ribeiro, Professor Auxiliar da Faculdade de Arquitectura  
da Universidade Técnica de Lisboa

Vogal e orientador: Doutor Eduardo Guimarães de Oliveira Fernandes, Professor Catedrático  
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Julho 2006

DOCUMENTO DEFINITIVO

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero agradecer ao meu orientador, Professor Eduardo de Oliveira Fernandes, por me ter apresentado perspectivas novas de pesquisa, o que contribuiu decisivamente para a escolha do tema da tese; pelos conselhos e orientações determinantes para a evolução do meu percurso; pelo apoio constante e pela oportunidade de aprendizado.

À minha família, pelo incentivo e por todo apoio concedido. Um especial agradecimento à minha mãe (*in memoriam*) pelo seu exemplo e por sua extrema dedicação.

À minha irmã Lilian e às minhas amigas Cláudia e Lucília, presentes em todo o meu percurso de desenvolvimento da tese, pelo conforto e pelo apoio incondicional, especialmente nos momentos mais difíceis. Aos meus restantes amigos, pela compreensão e paciência demonstrada perante o meu afastamento.

À Glória, por sua preciosa ajuda na elaboração do documento final.

## ERRATA

### Na página 67

**Onde se lê:** Aplicar o material em locais onde a permanência de pessoas não seja prolongada.

**Deve-se ler:** Caso opte-se pela utilização de um material com um nível de emissão mais elevado que os valores admissíveis (ver quadros 4 e 5) aplicar o material em locais onde a permanência de pessoas não seja prolongada.

### Na página 72

**Onde se lê:** Constituição: Material – Espessura (m) – Condutibilidade térmica ( $W/m^2.^{\circ}C$ ) – Coeficiente de transmissão térmica ( $W/m^2.^{\circ}C$ ) – Certificação do material.

**Deve-se ler:** Constituição: Material – Área aplicada (m) - Espessura (m) – Massa volúmica ( $kg/m^3$ ) – Condutibilidade térmica ( $W/m.^{\circ}C$ ) – Coeficiente de transmissão térmica ( $W/m^2.^{\circ}C$ ) – Certificação do material.

### Na página 107

**Onde se lê:** Especificação: Alvenaria – pano simples de tijolo furado aditivado tipo Termoargila (40x20x29).

**Deve-se ler:** Especificação: Alvenaria – pano duplo de alvenaria de tijolo (15cm e 11cm de espessura interior e exterior respectivamente) com caixa-de-ar de 5cm preenchida parcialmente por placas de poliestireno extrudido de 3cm de espessura.

# ÍNDICE

Índice de quadros.....	4
1. Introdução.....	5
1.1. Enquadramento geral .....	5
2. Objectivos.....	9
3. Edifícios Saudáveis e o Ambiente Interior Construído.....	11
3.1. Conceito .....	11
3.2. Edifícios Saudáveis – Um novo paradigma para a Arquitectura .....	12
3.3. Parâmetros que caracterizam o ambiente interior.....	13
3.2.1. Ambiente termo-higrométrico.....	13
3.2.2. Qualidade do ar interior .....	15
3.2.3. Iluminação.....	17
3.2.4. Acústica.....	18
3.3. O impacto da qualidade do ambiente interior na saúde e no conforto dos ocupantes ....	19
3.3.1. Saúde.....	19
3.3.2. Conforto .....	21
3.3.3. O papel da ventilação .....	23
3.3.4. Custos socio-económicos .....	25
3.4. A energia nos edifícios e a sustentabilidade .....	26
4. Estratégias para a Concepção de Espaços Interiores Visando a Boa Qualidade do Ambiente Interior e o Uso Racional de Energia .....	28
4.1. A concepção arquitectónica.....	30
4.2. A especificação dos materiais e as tecnologias construtivas .....	34
4.3. A utilização e a manutenção dos edifícios.....	36
4.4. O papel das tecnologias passivas .....	37
4.5. Equipamentos energeticamente eficientes.....	39
4.6. Principais orientações normativas .....	40
4.7. Sistemas de avaliação ambiental .....	42
5. Metodologia de Especificação de Materiais.....	44
5.1. Introdução .....	44
5.2. Requisitos exigenciais e estratégias no projecto.....	48
5.2.1. Função do espaço, aspectos sócio-culturais e emocionais.....	49
5.2.2 Ambiente e energia .....	49

5.2.3 Conforto higrotérmico.....	54
5.2.4. Qualidade do ar.....	56
5.2.5. Aplicação, manutenção e substituição dos materiais .....	60
5.2.6. Quadros sínteses – Requisitos / Estratégias .....	62
5.3. O método de especificação de materiais.....	64
5.4. Fichas de especificação de componentes e materiais .....	68
 6. Caso de Estudo .....	 73
6.1. Descrição do problema .....	73
6.2 Definição dos objectivos / requisitos.....	88
6.2.1. Requisitos energético-ambientais.....	90
6.2.2. Requisitos de conforto higrotérmico .....	90
6.2.3. Requisitos de qualidade do ar .....	91
6.2.4. Requisitos de aplicação, manutenção e substituição dos materiais .....	92
6.3. Aplicação do método de especificação de materiais.....	93
6.3.1. Estratégias aplicadas ao caso de estudo .....	94
6.4. Preenchimento das Fichas de Especificação de Componentes e Materiais.....	96
6.5. Apresentação e discussão dos resultados .....	109
 7. Conclusões.....	 110
 8. Proposta de Estudos Futuros.....	 111
 Bibliografia geral .....	 112

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1: Temperatura do ar interior convencionadas no RCCTE.....	54
Quadro 2: Velocidade do ar máxima de conforto (segundo Ordem dos Arquitectos, 2001) .....	55
Quadro 3: Caudal de ar novo por ocupante.....	58
Quadro 4: Valores de poluentes químicos máximos admissíveis.....	59
Quadro 5: Valores de partículas em suspensão máximos admissíveis (segundo US EPA, 1996) .....	59
Quadro 6: Requisitos normativos .....	62
Quadro 7: Requisitos exigenciais .....	63
Quadro 8: Método de especificação de materiais – Etapas preliminares.....	65
Quadro 9: Método de especificação de materiais.....	67
Quadro 10: Mapa tipo de componentes / materiais .....	71
Quadro 11: Dados climáticos de verão .....	76
Quadro 12: Dados climáticos de inverno .....	77
Quadro 13: Características de ocupação dos espaços .....	90
Quadro 14: Necessidades nominais de energia (segundo o RCCTE) .....	90
Quadro 15: Temperaturas do ar interior de projecto (segundo o RCCTE) .....	91
Quadro 16: Caudal de ar novo por pessoa e por espaço (segundo o RSECE) .....	91
Quadro 17: Valores de poluentes químicos máximos admissíveis.....	92
Quadro 18: Valores de partículas em suspensão máximos admissíveis (segundo US EPA, 1996) .....	92
Quadro 19: Estratégias aplicadas ao caso de estudo .....	95
Quadro 20: Mapa de acabamentos.....	99
Quadro 21: Mapa de componentes / materiais – Caso de Estudo .....	102

*"We shape our buildings, and afterwards,  
our buildings shape us". (Winston S. Churchill)*

# 1.

## INTRODUÇÃO

### 1.1. ENQUADRAMENTO GERAL

O homem teve, desde sempre, uma relação estreita com o ambiente natural, e, posteriormente, também com o ambiente construído, prolongamento daquele por virtude da sua inteligência, da sua sensibilidade e do seu comportamento, isto é, da sua cultura. Durante todo o processo da história do homem, encontra-se a necessidade de que o ser humano teve em se adaptar ao meio em que se inseria e, diante das características deste, buscar formas para atingir tal fim. A protecção das adversidades do local, fossem elas do clima ou de inimigos, implicou sempre soluções baseadas na utilização dos meios disponíveis, desde a escolha de grutas, nos primórdios da civilização à construção de abrigos, com recurso à utilização de materiais encontrados na natureza.

A necessidade inicial de abrigo e de protecção foi dando lugar a outras solicitações, de acordo com a própria evolução das actividades humanas. É de salientar aqui, que na transição de uma sociedade predominantemente rural a uma vida urbana, a importância dos edifícios passam a ter uma maior relevância, uma vez que a permanência das pessoas em espaços interiores é crescente. Aos edifícios foram então exigidas soluções que dessem resposta às mais variadas

necessidades, como as do culto, as do lazer ou do trabalho, com todas as especificidades que cada actividade traz. Ao longo da história, a arquitectura foi, assim, tendo a nobre função de conceber espaços capazes de albergar as mais diversas actividades, apresentando-se ainda como o interlocutor entre o homem e o meio, de modo a proporcionar condições ambientais óptimas para o seu desenvolvimento.

Um breve olhar na história da arquitectura revela, uma mudança de paradigma, se compararmos a arquitectura vernacular, mais ligada aos recursos naturais e ao ambiente em que se inseria e a arquitectura pós-industrial, esta seduzida pelas inovações tecnológicas. Os tempos modernos trouxeram novos materiais e novas soluções construtivas, e ainda a introdução de sistemas mecânicos não raras vezes vistos como panaceia ou fatalidade para suprir as deficiências de uma arquitectura internacionalizada sem referência ao lugar, ao clima e à geografia. Além disto, a oferta de novas fontes de energia, com custos bastante reduzidos, aliada à necessidade de reconstrução das cidades, após a II Guerra Mundial, desencadeou um processo de urbanização galopante. Neste contexto, toda a herança recebida através da arquitectura vernacular foi negligenciada em favor de um estilo internacionalmente adoptado e da aplicação de técnicas construtivas comuns (ECA, 1996). Como exemplo destes 'edifícios modelo' pode-se citar as cortinas de vidro criadas por Mies van der Rohe, autênticos 'edifícios estufa', criados a partir do movimento moderno e exportados como símbolos de poder. Foi criado assim um verdadeiro ícone de edifícios de escritórios, adoptados em várias partes do mundo sem contudo sofrerem as adaptações às características climáticas do local de destino. Os sofisticados sistemas de climatização artificial, que se tornaram obrigatórios nestes edifícios, colocavam os projectistas numa posição cómoda, mas, de facto, questionável e inconsequente, já que por um lado a adequação do edifício ao clima onde este se inseria não constituía um problema a ser resolvido e, por outro lado, a arquitectura ficava refém de sistemas anexos e avulsos (ar condicionado) (Lamberts, 1997).

Este novo 'fazer arquitectura' baseado na reprodução de modelos internacionalmente aceites aliado à abundância e ao baixo custo das alternativas energéticas levou a um desmesurado consumo de energia, maioritariamente de origem fóssil como o petróleo. Criou-se assim, uma situação de dependência da energia que se agravou com a intensificação da urbanização, a intensidade da ocupação urbana e a própria intensidade do uso do espaço interior com pessoas e novos equipamentos de que se destacam a iluminação artificial, em geral superabundante, e os computadores, fotocopiadores, etc.

Mais recentemente, e pela crescente duração da permanência das pessoas em espaços fechados, problemas relacionados com o conforto e com a saúde dos utilizadores dos edifícios têm vindo a surgir, comprometendo assim o desempenho do edifício no seu objectivo primeiro. Os problemas detectados são o resultado não só das actividades desenvolvidas nestes espaços mas, também, de deficientes sistemas de ventilação e da inadequada especificação dos materiais aplicados na sua construção, sobretudo os de revestimento interior. Na



eliminação destes problemas, levando à necessária concepção de espaços interiores de qualidade, importa uma atitude informada e assumida desde o início de qualquer processo de projectar que se deseje criterioso e consciente das responsabilidades envolvidas.

Apesar de toda a informação disponível e da responsabilidade do arquitecto na concepção de espaços interiores de qualidade, a aplicação destes conhecimentos revela-se ainda muito escassa. As novas tecnologias e os novos materiais, ao chegar ao conhecimento dos profissionais de arquitectura, são vistos e valorizados principalmente pelas suas características funcionais imediatas e estéticas, sendo assim o seu desempenho visto de uma forma muito limitada e que se prende basicamente a questões da durabilidade em uso. O facto de aparecerem no mercado novos materiais e elementos de construção, tem levado à sua aplicação em obra sem a conveniente reflexão acerca das implicações na qualidade do ambiente interior. Por exemplo, é o caso das “novas” caixilharias estanques ou, ainda, o caso generalizado do uso de alcatifas sem ter em conta o seu contributo como emissores de potenciais substâncias prejudiciais à saúde e como “incubadoras” de acumulação, geração de outras causas de poluição. Não havendo estratégias de ventilação mecânica, o caso de tais caixilharias pode conduzir a níveis insuficientes de ventilação.

Actualmente, a complexidade dada pelas inovações tecnológicas e pela sociedade moderna apresenta grandes desafios para a arquitectura, um amplo leque de materiais e tecnologias construtivas disponíveis para dar resposta às necessidades de uma diversidade de funções e actividades desenvolvidas nos espaços interiores. Acrescidos a isto existem ainda os vários condicionalismos a que o projecto de arquitectura tem que considerar, como os regulamentares, os do local (topografia, vegetação, clima, ...) e ainda outros aspectos de carácter subjectivo (culturais, psicológicos, ...). Esta complexidade requer uma equilibrada conjugação dos mais variados factores intervenientes na concepção arquitectónica, uma vez que é deste equilíbrio que depende o bom desempenho do edifício. Apesar disto, tem-se constatado uma valorização excessiva, principalmente por parte de muitos dos profissionais de arquitectura, em relação a questões estéticas, sobrepondo-se, em muitos casos, àquelas de ordem funcional e de desempenho dos edifícios.

A assimilação pela arquitectura da evolução do conhecimento, da tecnologia e da sociedade certamente que encontrou e que continua a encontrar soluções formais harmónicas, em consonância com os movimentos filosóficos e artísticos mas, não necessariamente, com as exigências da qualidade de vida. A consecução de objectivos formais não garante a qualidade do ambiente interior construído, que os materiais escolhidos são ecologicamente aceitáveis e que o edifício é energeticamente eficiente.

Um edifício é mais do que uma obra de arte, na medida em que é um abrigo onde as pessoas vivem grande parte das suas vidas, imersos no ambiente físico criado e respirando o ar que nele se gere. Por este motivo, tem uma responsabilidade acrescida, para além daquela actualmente mais reconhecida e de importância indiscutível e que se relaciona à criação de

espaços capazes de promover experiências vivenciais ricas ao nível das emoções e das sensações, aspectos de carácter subjectivo.

É neste contexto que este projecto se insere, na preocupação da satisfação de objectivos da qualidade do ambiente interior através de metodologias inovadoras no que respeita à especificação de materiais de construção e, em particular, dos materiais de revestimento interior. Certamente que não ambiciona responder a todos os desafios que a problemática da sustentabilidade suscita, nomeadamente:

- A origem e a natureza dos materiais e da sua relação com a biodiversidade;
- A energia usada no transporte, laboração e aplicação dos materiais em obra (a energia não renovável apresenta-se aqui como um dos maiores desafios à sustentabilidade);
- A aplicação de materiais em obra com uso de tintas e vernizes;
- A ventilação necessária a garantir a qualidade do ar interior;
- A via da obtenção de materiais 'limpos' e da respectiva informação para o seu uso esclarecido em fase de projecto.

O enfoque deste trabalho será colocado então, na necessidade da interpretação, relativamente ao projecto de arquitectura, de quais são as escolhas adequadas de materiais para, pela sua parte, contribuir para assegurar, em primeiro lugar, um edifício tão 'natural' quanto possível, isto é um edifício que por si só proporcione condições satisfatórias de conforto e de higiene. Isto de tal modo que possa eliminar a necessidade da ventilação mecânica e de outros sistemas de climatização e caso contrário, sendo esta absolutamente necessária, minimizando a sua intensidade com efeitos positivos na redução do consumo de energia.

# 2.

## OBJECTIVOS

Os objectivos deste trabalho são:

1. Elaborar uma metodologia de especificação de materiais (selecção e aplicação) de modo a facilitar a criação de condições para o projecto que favoreçam a concepção de espaços que salvaguardem a qualidade do ambiente interior, nomeadamente no que se refere ao conforto higrotérmico e à qualidade do ar interior. Com esta metodologia pretende-se alcançar um conjunto de sub-objectivos últimos:

1.1. Promover o controlo das fontes de poluição do ar interior associadas aos materiais de construção e de revestimento entre as que são passíveis de eliminação, isto é, não consideração em fase de projecto e construção ou susceptíveis de mitigação.

1.2. Assegurar que pela selecção de materiais adequados, o conforto térmico nos espaços interiores possa ser conseguido por métodos passivos e adaptativos;

1.3. Favorecer o uso racional de energia.

a) Contribuindo para uma abordagem dos materiais e dos componentes construtivos “ditos limpos” no projecto de arquitectura de edifícios saudáveis neste período prévio à criação de um sistema nacional e/ou europeu de classificação e etiquetagem dos materiais;

b) Propondo um contributo para uma arquitectura em sintonia com o clima, menos energívora e mais saudável; menos energívora porque assenta em critérios de racionalidade que os conhecimentos científicos mais recentes ajudam a formular e mais saudável porque, dispensando mais energia, fá-lo sem colocar em causa os valores ambientais essenciais.

Em síntese, pretende-se em sede de projecto de arquitectura, ilustrar quanto uma metodologia do “quê”, do “como” e do “quando”, no que respeita à especificação dos materiais, pode constituir uma base para a concepção de edifícios saudáveis e, quanto possível, sustentáveis.

# 3.

## EDIFÍCIOS SAUDÁVEIS E O AMBIENTE INTERIOR CONSTRUÍDO

### 3.1. CONCEITO

Um dos objectivos primeiros da arquitectura é o de prover espaços saudáveis e confortáveis na qual os ocupantes possam trabalhar e viver. Para isto, o ambiente interior deve ser mantido a uma temperatura confortável, ter uma adequada renovação de ar, não apresentar correntes de ar, humidade excessiva e poluentes e apresentar níveis de ruído aceitáveis e ser bem iluminado (CEC, 1996). Para que se consiga atingir estas condições de conforto e higiene dos espaços é necessário o uso de energia para iluminação, ventilação, aquecimento e/ou arrefecimento. De acordo com o compromisso assumido, a nível internacional, na Conferência do Rio de Janeiro (1992) e que se refere ao desenvolvimento sustentável, os edifícios devem mitigar o seu impacto ao nível ambiental, económico e social, definindo objectivos tais como a eficiência energética e a qualidade do ambiente interior ao nível do conforto e da higiene dos espaços, dentre outros.

Os edifícios saudáveis enquadram-se assim neste enfoque da sustentabilidade, onde a vertente da qualidade do ambiente interior encontra a vertente energética, a da eficiência. Para uma melhor compreensão de todo o desenvolvimento deste trabalho, descreve-se abaixo o

conceito de edifício saudável adoptado (adaptação feita à definição utilizada no PROJECTO HOPE, 2004):

*‘Um edifício saudável e energeticamente eficiente não provoca ou agrava doença, assegura um alto nível de conforto aos seus ocupantes no desenvolvimento das suas actividades, de acordo com a função para a qual o edifício foi projectado e minimiza o uso de energias não renováveis’.*

### 3.2. EDIFÍCIOS SAUDÁVEIS – UM NOVO PARADIGMA PARA A ARQUITECTURA

A abordagem ao edifício saudável apresenta-se aqui, como uma forma de tratar por partes o complexo tema da sustentabilidade. Com uma abordagem focada no edifício e na sua relação com os ocupantes, o edifício saudável é aquele que não é prejudicial à saúde das pessoas e que oferece condições de conforto aos mesmos. Estão assim em causa, nos edifícios saudáveis, as questões da qualidade do ar, do conforto térmico, acústico e lúmnico.

De acordo com os resultados da conferência do Rio no que respeita ao desenvolvimento sustentável (ver item 3.4), os edifícios sustentáveis devem ter em consideração, na sua concepção, as questões ambientais, económicas e sociais, o que inclui, entre outros, a qualidade do ambiente interior e a saúde. Actualmente, são muitas as queixas dos ocupantes em relação às condições do ambiente interior, sendo muitos os insatisfeitos. Contrariamente ao que tem sido, nos últimos anos, a tendência à uma atenção excessiva à forma do edifício, e uma desresponsabilização, por parte dos arquitectos das questões de qualidade de vida das pessoas, os edifícios saudáveis apresentam-se como uma solução adequada, ao apresentar uma visão mais abrangente dos parâmetros que caracterizam o ambiente interior e fornecer informação capaz de dar resposta aos problemas ambientais.

Na arquitectura vernacular, a qualidade do ambiente era conseguida a partir da conjugação de variáveis tais como o clima, a disponibilidade de materiais e os meios técnicos de construção. Actualmente o processo de concepção de edifícios para um ambiente saudável apresenta-se bem mais complexo, onde o número de condicionantes é bastante elevado; a diversidade de actividades desenvolvidas em espaços interiores, a quantidade de materiais disponíveis no mercado, as limitações quanto à dimensão e à exposição solar dos lotes urbanos, entre muitos outros, são acrescidos à pouca informação disponível em relação a assuntos tão críticos como é o caso da qualidade do ar interior.

Neste quadro, torna-se assim necessária a definição e/ou adequação de padrões que correspondem a cada parâmetro caracterizador do ambiente interior (qualidade do ar, ambiente higratérmico, acústico e lúmnico) de acordo com os conhecimentos e necessidades actuais. Estes padrões têm vindo a sofrer alterações ao longo dos últimos anos, devido a não só questões energéticas como também à expectativa das pessoas em relação à qualidade do ambiente interior. As pessoas têm ainda expectativas muito limitadas em relação ao

comportamento ambiental dos edifícios e vêm com naturalidade a necessidade de se aumentar o nível de isolamento com um acréscimo de roupas, da utilização de aquecedores no inverno e ar condicionado no verão, na utilização de iluminação eléctrica durante o dia, entre outros. Não há dúvida que muitos destes comportamentos são necessários, mas o que está em causa é a frequência, já que muitos destes acarretam num acréscimo do consumo de energia eléctrica. A questão que se coloca aqui é a da eficiência, do uso racional de energia, tendo o edifício saudável a oportunidade de contribuir também neste aspecto.

### 3.3. PARÂMETROS QUE CARACTERIZAM O AMBIENTE INTERIOR

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), a saúde não é a ausência de doença, mas corresponde a um estado de bem-estar de natureza física, psicológica, social e estética, em que é significativa toda a interacção com os factores do ambiente envolvente. Entre estes factores estão a temperatura do ar, a humidade, a cor, a luz, o ruído e toda uma gama de agentes químicos, radioactivos e biológicos no ar e nas superfícies envolventes (4).

A qualidade do ambiente interior é afectada igualmente pelo sistema de aquecimento, de ventilação e de ar condicionado, pela qualidade do projecto e da construção, pelos materiais de construção assim como pelo funcionamento e manutenção do edifício. Muitos problemas podem surgir ainda do comportamento dos ocupantes, criando situações de uso não previstas no projecto. Para se atingir um bom nível de qualidade é então necessário tomar em consideração estes aspectos ao longo de todas etapas do projecto, da obra e do uso do edifício (Seppanen, 2003).

No caso deste estudo, e em particular neste capítulo, apenas serão contemplados os aspectos relativos às características físicas da construção: a temperatura do ar, a humidade relativa, a luz e o ruído.

#### 3.2.1. Ambiente termo-higrométrico

Ao se falar de conforto térmico nos ambientes interiores, está-se a referir ao contributo de diversos factores inerentes a este e que interferem na sensação de conforto dos ocupantes. A qualidade do ambiente termo-higrométrico pode ser caracterizado assim pelos seguintes factores:

- a) Temperatura do ar;
- b) Temperatura radiante média;
- c) Velocidade do ar;
- d) Humidade relativa.

Estes parâmetros são decisivos no equilíbrio do corpo humano com o ambiente, de modo a evitar trocas de calor excessivas e com isto permitir os ocupantes usufruírem de uma sensação de conforto.

Os factores acima relacionados e que dizem respeito ao clima interior são ainda afectados por factores externos, nomeadamente aos factores climáticos. Os elementos climáticos que mais afectam o comportamento higrotérmico dos edifícios são, fundamentalmente a temperatura do ar, a humidade e velocidade do ar e ainda a radiação solar (Canha da Piedade et al, 2003).

Os edifícios representam aqui o 'mediador' das trocas entre os ambientes interior e exterior definindo o balanço termo-higrométrico entre os mesmos. Desta forma é possível determinar o fluxo de calor a fornecer ou a retirar do ambiente interior (em condições de inverno ou verão) de modo a satisfazer os requisitos de conforto definidos, de acordo com as características de uso do espaço. As trocas de calor entre o ambiente interior e o exterior resumem-se nos seguintes processos:

- a) Ganhos e perdas de calor através dos elementos de construção;
- b) Perdas de calor por ventilação;
- c) Ganhos de calor decorrentes da energia solar e da ocupação humana (pessoas, equipamentos).

Neste balanço termo-higrométrico desempenham papel preponderante as características da construção relativas à transmissão de calor. Nas trocas de calor do exterior para o interior e no que se refere à variação das cargas térmicas diárias, existem dois processos que se salientam:

- 1) A diminuição, em amplitude, das cargas térmicas;
- 2) O intervalo de tempo para a transmissão deste calor.

O primeiro efeito é provocado pela capacidade de isolamento do material, representado pelo coeficiente de transmissão térmica. O segundo, por sua vez, depende da capacidade de armazenamento térmico do material e se relaciona com a sua massa térmica. Esta é ainda responsável pela diminuição da amplitude térmica no interior dos espaços, evitando também os picos de temperatura. Em síntese, são as seguintes as principais características da construção responsáveis pelas trocas térmicas entre os ambientes interior e exterior:

- 1) O isolamento térmico da envolvente;
- 2) A inércia térmica do edifício.

O sombreamento dos vãos envidraçados é ainda peça fundamental no controlo dos ganhos de calor, na medida que evita o sobreaquecimento dos espaços no verão. O sistema de



sombreamento deve assim, ser projectado de modo a aproveitar os ganhos de calor no inverno e evitá-los na estação de arrefecimento.

### 3.2.2. Qualidade do ar interior

Nos últimos anos tem sido crescente a preocupação com a problemática da qualidade do ar interior. A utilização de materiais sintéticos, fortes emissores de um vasto número de substâncias químicas, assim como o aumento do tempo em que as pessoas permanecem em ambientes fechados, levou a que houvesse um aumento considerável dos poluentes nos espaços interiores assim como uma maior exposição das pessoas a estes poluentes. Aliado a isto, a crise energética dos anos setenta fez com que fosse reduzido o caudal de ar novo insuflado no interior dos edifícios o que veio a agravar a qualidade do ar interior. A partir daí, começou a surgir um número elevado de doenças que foram associados aos edifícios e como consequência a redução da produtividade dos seus ocupantes (ECA, 2003).

#### *Poluentes do ar interior e suas fontes de emissão*

O ar atmosférico 'standard' é composto por 78% de azoto, 21% de oxigénio e 0,9% de árgon, com diferentes quantidades de dióxido de carbono (0,03%) e vapor d'água (até 3,5%). Para além destes compostos estão ainda quase sempre presentes gases inertes, como é o caso do hidrogénio, néon, xénon, kriptón, hélio e azoto. Quando existem no ar outros gases ou partículas, estes são considerados poluentes, assim como qualquer outro dos compostos referidos anteriormente quando se encontram em valores de concentração superior aos normais (ASHRAE, 1995).

Nos ambientes interiores os poluentes mais comuns de serem encontrados são: os compostos orgânicos voláteis (COVs), grupo de vapores que inclui elevado número de compostos cujas fontes emissoras têm aumentado com a crescente utilização de materiais sintéticos, em geral, derivados do petróleo; os gases inorgânicos tais como CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> entre outros; partículas respiráveis (partículas com diâmetros inferiores a 10µm); e os microrganismos (fungos bactérias e esporos). O grande número de compostos químicos presentes no ar interior sugere ainda os efeitos sinérgicos destes químicos.

A variedade de poluentes encontrados no ar pode ser classificada em partículas sólidas ou líquidas e gases orgânicos ou inorgânicos, visíveis ou invisíveis, (sub) microscópicos ou macroscópicos, tóxicos ou não tóxicos, estáveis ou instáveis (ASHRAE, 1996). No caso dos ambientes interiores, as concentrações podem ser de escala tão reduzida que não chegam a atingir o limiar da detecção dos instrumentos de medição, mas a sua presença nem por isto deixa de se manifestar ao nível do odor, causando desconforto, ou de outros efeitos que afectam a saúde dos ocupantes.

No caso das fontes dos poluentes, é importante não só identificá-las e caracterizá-las a nível de sua natureza e eventual toxicidade, mas também quantificar a intensidade desta emissão. A

concentração destes poluentes, assim como o tempo de exposição das pessoas aos mesmos, são todos aspectos relevantes na medida em que os efeitos dos poluentes estão intimamente relacionados ao tempo em que as pessoas estão em contacto, por vias respiratórias ou cutâneas, com os poluentes (ECA, 2003).

A qualidade do ar interior é caracterizada pela presença de substâncias químicas, partículas e biocontaminantes, sendo de referir as principais fontes de poluição:

- a) Os ocupantes (bio-efluentes, nomeadamente por respiração e transpiração);
- b) As actividades humanas (fotocopiar, cozinhar, fumar, etc.);
- c) Os sistemas de ventilação;
- d) O ar exterior e o solo;
- e) Os materiais de construção, o mobiliário e os produtos de limpeza.

#### *Estratégias para a melhoria da qualidade do ar interior*

De modo a contrariar a presença dos poluentes são basicamente três as estratégias:

- a) O controlo na fonte;
- b) A diluição;
- c) A remoção.

*Controlo na fonte* – é a acção ou grupo de acções que evita a emissão de poluentes ou então que confina a fonte de poluição do ar interior antes que esta emissão atinja todo o espaço. Como exemplo do caso de confinamento da fonte pode-se citar os casos das cozinhas ou instalações sanitárias onde o sistema de exaustão previne que o ar poluído seja misturado com o ar dos restantes ambientes. Outro exemplo diz respeito à especialização de espaços para determinadas actividades, como o fumar, o fotocopiar, entre outros. E, ainda, a consideração da contiguidade ou não de espaços com características de fontes ou de ambientes muito diversos. Por exemplo, a relação entre a garagem e a habitação ou os casos das salas de ventilação controlada em sub pressão para que nada “se escape” para os espaços contíguos ou sobrepressão para que nenhum ar exterior a esse espaço possa entrar. A especificação de materiais ‘limpos’, não emissivos, representa um outro exemplo de controlo na fonte por não consideração de fontes de poluidoras.

*Diluição* – é a redução da concentração dos poluentes pela introdução de ar novo do exterior. É realizada a partir de uma adequada taxa de ventilação (renovação do ar), como pela uniformidade do seu varrimento (homogeneidade da ventilação no espaço).

*Remoção* – é a remoção de parte ou da totalidade dos poluentes. É ainda realizada a partir da ventilação por exaustão. Em certos casos de ventilação mecânica em que uma parte do ar pode ser reintroduzido no espaço, esse ar deverá ser filtrado e/ou lavado onde a função “remoção” terá então lugar.

As estratégias de diluição e remoção estão totalmente dependentes da ventilação. O aumento da taxa de ventilação para a diluição e/ou remoção de poluentes do espaço interior, em muitos casos, pode significar um aumento do consumo de energia (energia de origem fóssil), representando, por sua vez, também um impacto ambiental não só local, mas a nível global (CO<sub>2</sub>).

A estratégia de controlo na fonte apresenta-se assim como a mais adequada, na medida em que responde ao princípio básico da precaução e permite atenuar a pressão sobre o uso intenso da ventilação mecânica, principalmente nos casos em que a utilização da ventilação natural não é possível, como em situações em que o ambiente exterior constitua fonte de emissões sonoras e de poluentes.

### **3.2.3. Iluminação**

A iluminação nos espaços interiores esteve sempre relacionada a questões estéticas, tendo sido utilizada por muitos arquitectos como elemento definidor do carácter poético dos espaços. A qualidade do ambiente visual é por este motivo, difícil de ser determinada, por estar em causa a avaliação de parâmetros de carácter subjectivo (ECA, 2003).

Por outro lado, pode-se determinar as boas condições de iluminação, como aquelas que possibilitam o bom desempenho de uma actividade num determinado espaço. Estas condições dependem da quantidade, da distribuição e da qualidade da luz (Ordem dos Arquitectos, 2001). De acordo com a tarefa a ser desenvolvida num espaço é definida a quantidade de luz necessária para o seu bom desempenho, estando estas definidas em tabelas de iluminação e em normas específicas.

A distribuição da luz no espaço é muitas vezes mais importante que a sua quantidade já que a percepção da luz é influenciada pela uniformidade dos níveis de iluminação. Num espaço em que haja uma diferença acentuada nos níveis de iluminação entre os locais mais próximos às janelas e aqueles mais afastados, há uma tendência das pessoas que se encontram nos locais mais escuros de acenderem a luz, mesmo que o nível de iluminação seja o adequado.

Outro facto relevante na iluminação, é aquele que diz respeito ao contraste entre as diferentes partes do campo visual. Quando este contraste é excessivo, provocado geralmente pela introdução de uma fonte intensa (natural ou artificial) no campo de visão, causa uma sensação de desconforto e fadiga. Este encandeamento pode ser resultado da acção directa da fonte de luz no campo de visão ou através da reflexão desta fonte de luz nas superfícies polidas. Os

materiais têm aqui a sua influência, através das características da sua superfície, na qualidade do ambiente visual.

As fontes de luz de um espaço, por sua vez, podem ser naturais, artificiais ou de ambas as fontes, dependendo das actividades a serem desenvolvidas em determinado espaço. Apesar dos factores psicológicos que estão ligados à relação das pessoas com o ambiente natural e em particular à luz solar, em espaços como teatros, salas de cinema e em muitas áreas de museus, a iluminação natural não é desejada. Nestes casos deve-se prever a iluminação artificial, sendo necessário um criterioso estudo de iluminação específico ao fim a que se destina. Nos casos em que seja possível e necessária a iluminação natural, esta deve ser concebida de forma a oferecer boas condições de iluminação, reduzindo ou até eliminando a necessidade de utilização de luz eléctrica durante o dia.

Existem vários dispositivos para captar a luz solar e distribuí-la para dentro dos espaços, evitando níveis de iluminação excessivos junto aos envidraçados e proporcionando uma difusão mais uniforme da luz natural. Estes dispositivos são constituídos não só por elementos arquitectónicos, como o atrium, as palas reflectoras, os lanternins e as bandeiras envidraçadas, como também os estores reflectores de lâminas, vidros com características especiais, tratados para controlar a intensidade e as propriedades ópticas da luz natural e os fluxos de calor através dos envidraçados.

#### **3.2.4. Acústica**

Actualmente a maioria das pessoas vive em ambientes urbanos, locais onde as fontes de poluição são imensas; ruído das ruas, veículos e pessoas, dos aviões, das obras, de espaços vizinhos como bares, fábricas, etc. Dentro dos edifícios, as fontes de poluição podem advir ainda, de equipamentos (ar condicionado, fotocopiadores, ...), do comportamento dos ocupantes e até dos animais de estimação (ECA, 2003).

Os edifícios, para que proporcionem condições de conforto acústico aos seus ocupantes, devem ser concebidos tendo em atenção as normas específicas relativas aos níveis de emissão de ruído permitidos. Para isto, deve-se prever formas de evitar a propagação do ruído, provenientes de fontes internas ao edifício, através das paredes e da estrutura. A primeira estratégia a utilizar é o controle na fonte de emissão. Esta pode ser realizada através da redução do ruído pelo encapsulamento da fonte por uma estrutura 'pesada' ou pela colocação da fonte de emissão de ruídos (no caso de equipamentos que provocam também vibração) sobre uma base que evita a transmissão da vibração pela estrutura do edifício.

Numa segunda fase é necessário evitar a propagação do ruído e que pode ser conseguido através da aplicação de isolamento acústico na envolvente do espaço onde se encontra a fonte de poluição.

Nos casos em que a fonte de poluição provém do exterior e dependendo da sua intensidade e frequência (ruído constante ou não), os sistemas de ventilação natural podem ficar comprometidos, na medida em que a abertura das janelas ficará condicionada ao nível de ruído exterior.

Em alguns edifícios, como teatros, salas de cinema e auditórios a qualidade do ambiente acústico vai para além de simplesmente evitar o ruído excessivo. O principal objectivo é assim, a propagação do som dentro de determinados parâmetros que determinam o bom desempenho acústico, dependendo da actividade desenvolvida no espaço, e a qualidade com que o som é percebido (Sebestyen, 2003).

Em todos estes casos, os materiais aplicados, principalmente nas superfícies, têm um papel relevante na reflexão do som e assim, no conforto acústico percebido nos ambientes fechados.

### 3.3. O IMPACTE DA QUALIDADE DO AMBIENTE INTERIOR NA SAÚDE E NO CONFORTO DOS OCUPANTES

A influência do espaço construído nos seus ocupantes é já conhecida sendo a sua influência observada não só ao nível dos aspectos fisiológicos, relacionados com o conforto e a saúde em particular, como também por aspectos mais subjectivos, como é o caso de alterações ao nível das emoções e dos padrões de comportamento.

O edifício e em particular os espaços interiores que o constituem, para que possam ser considerados saudáveis, segundo a definição dada em 3.2, devem responder a dois requisitos básicos: 1) o risco para a saúde deve ser insignificante e 2) o ambiente interior deve ser confortável e agradável. A variação dos requisitos humanos para se atingir estes objectivos pode ser muito elevada, isto porque as pessoas têm diferentes sensibilidades na percepção do ambiente e também pelo facto de passarem períodos de tempo diferentes no seu interior, o que altera os efeitos deste mesmo ambiente sobre o ocupante (ECA, 1996; 2003).

#### 3.3.1. Saúde

A exposição aos poluentes existentes no ar interior pode provocar vários efeitos nos seus ocupantes e com diferentes graus de gravidade. Estes efeitos podem ter a expressão de sintomas temporários, mas que não afectam o bem estar e a produtividade dos ocupantes, ou ser agudos e com efeitos a longo prazo, típicos de doença crónica, como no caso de asma, alergias e até do cancro.

No caso de alguns efeitos, a relação à exposição de certos poluentes foi já relatada, como é o caso de problemas respiratórios (especialmente entre as crianças), alergia (particularmente a poeira das casas) e irritação das mucosas (devido ao formaldeído). Em outras situações são encontrados efeitos crónicos, difusos em certos edifícios, para os quais não é possível

identificar a causa. Neste contexto, convencionou-se dizer que se está perante um caso de 'síndrome de edifício doente' (Sick Building Syndrome) (ECA, 1996). Neste caso, são detectados efeitos dispersos e incomodativos ao nível da irritação das mucosas, da pele, dos olhos, mas que não se traduz numa doença perfeitamente caracterizada.

Podem-se ainda referir outros factores favoráveis à geração de poluição como é o caso da humidade que, quando encontrada no ambiente interior em altos níveis, pode provocar o surgimento de microrganismos como o bolor e as bactérias. Facto também bastante conhecido e que está relacionado principalmente à falta de manutenção dos componentes com água exposta dos sistemas de climatização, tornando-se assim verdadeiras incubadoras de contaminação, como é o caso da *Legionella*, ou doença do Legionário. Há que referir ainda o fumo de tabaco que está intimamente relacionado, nomeadamente, ao desenvolvimento do cancro do pulmão.

São muitas as substâncias encontradas no ar interior, muitas delas aparecendo em quantidades suficientemente grandes para serem facilmente detectadas e medidas, como no caso do CO<sub>2</sub> e o NO<sub>2</sub>. Mas muitas delas, talvez centenas ou, mesmo milhares de compostos químicos, não atingem níveis de concentração suficientes para sequer serem detectadas, apresentando-se a nível vestigial. Nestes casos, outros meios de avaliação surgem na detecção dos poluentes, como é o caso da avaliação sensorial em que, através não só da percepção pelo olfacto (odor), como também pela percepção a nível corporal, por exemplo, irritação nos olhos ou pele seca, é detecta a presença de poluentes.

Como se pode perceber, o processo de avaliação dos efeitos para a saúde devido às fontes de poluição nos edifícios é extremamente complexo. Por um lado têm-se os poluentes originários de diversas fontes e das sinergias entre as substâncias e por outro há o ser humano, com diferentes níveis de sensibilidade, exposto ao ar interior contaminado. No caso das fontes de emissão, é importante não só identificá-las e caracterizá-las a nível de sua natureza e eventual toxicidade, como também quantificar a intensidade desta emissão. A concentração destes poluentes, assim como o tempo de exposição das pessoas aos mesmos, são ainda factores a considerar para se determinar o efeito prejudicial que estes vão ter na saúde dos ocupantes (ECA, 2003).

Quanto ao impacte da temperatura do ar na saúde dos ocupantes, está relacionado basicamente às baixas temperaturas durante o inverno que, particularmente entre as pessoas idosas, têm sido associadas ao aumento da taxa de mortalidade. Há ainda que referir que as altas temperaturas são responsáveis por *stress* térmico e por desidratação.

A baixa qualidade da iluminação de um espaço pode, por sua vez, provocar problemas de saúde como dores de cabeça, sendo mais comuns os efeitos como a irritação, a distração ou a letargia.

No caso dos edifícios não industriais, normalmente não são encontrados níveis de ruído tal que provoquem danos ao aparelho auditivo. Apesar disto, efeitos como os distúrbios de sono, irritação, redução da produtividade, alteração do comportamento e outros efeitos psicológicos estão ainda relacionados a níveis elevados de ruído, que pode ser transmitido por via aérea (caso típico são ventilações mecânicas, com ou sem ar condicionado) ou via sólida, como é o caso da percussão na estrutura.

### 3.3.2. Conforto

Correntemente entende-se o conforto como a condição em que o indivíduo não experimenta nenhuma sensação de desagrado ou irritação de modo a distraí-lo das suas actividades. A noção de conforto, seja ela a nível da qualidade do ar, do ambiente termo-higrométrico, do ruído ou da luz, está intimamente relacionada às percepções/sensações humanas onde intervêm factores marcadamente subjectivos, em função ainda da idade, do sexo, da cultura e por isto não é de fácil definição.

#### *Conforto higrotérmico*

O conforto térmico pode ser definido como uma sensação de bem-estar respeitante à temperatura e à humidade, conseguida através do equilíbrio entre o calor produzido pelo corpo e as perdas de calor para o meio envolvente. Neste balanço térmico, interferem parâmetros relacionados ao indivíduo, como também factores físicos do espaço, nomeadamente:

a) Factores dependentes do espaço físico:

Temperatura do ar;

Temperatura das superfícies;

Velocidade do ar;

Humidade do ar.

b) Factores dependentes dos ocupantes:

Nível de vestuário;

Nível de actividade.

O corpo humano não possui meios para armazenar calor e por isto todo o calor produzido é dissipado ao ambiente. A produção de energia metabólica (calor), por sua vez, depende do nível de actividade física do indivíduo tendo o vestuário o papel de impedir a troca de calor entre a superfície da pele e o ar próximo.

Os aspectos relacionados ao meio físico, nomeadamente a temperatura do ar, a humidade relativa, a temperatura das superfícies e a velocidade do ar participam das trocas térmicas através dos seguintes processos: a temperatura do ar afecta a perda de calor por convecção e evaporação, sendo a humidade relativa, tanto mais quanto mais alta for a temperatura, responsável pelos níveis de evaporação. A temperatura de superfície influencia as trocas de

calor por radiação ou por condução, no caso de haver contacto destas com o corpo. A velocidade do ar, por sua vez, não faz diminuir a temperatura do ar, mas provoca uma sensação de frescura devido às perdas de calor por convecção e ao aumento da evaporação.

As condições de conforto podem ainda ser atingidas através da acção de meios mecânicos sobre o ar interior. Neste caso, a climatização, por ventilação mecânica ou ar condicionado, permite controlar ou modificar as condições de conforto de forma mais rigorosa e, por isso mesmo, só sendo de utilizar em caso de exigência justificada.

Pelo facto do conforto térmico ser um conceito subjectivo, a definição de padrões universalmente recomendáveis impõe que se considere que uma faixa dos ocupantes esteja necessariamente descontente com as condições de conforto estabelecidas (10%, 20%). Apesar disto, existem normas que têm vindo a sofrer actualizações ao longo do tempo no sentido de reflectir os resultados mais recentes nesta área, de algum modo tão controversa, do conforto. Mais recentemente dois métodos totalmente distintos têm vindo a ser assumidos por um dos nomes mais respeitados, a Norma ASHRAE 55-2004: um no sentido de definir temperaturas de desenho fixas (método do Prof. O. Fanger ou da temperatura “*set point*”) e, outro, que define valores em que se considera uma margem para a adaptação das pessoas ao ambiente (conforto adaptativo). A norma ASHRAE 55-2004, por exemplo, apresenta estes dois métodos para o estabelecimento dos critérios de conforto: a) o método da temperatura pré-estabelecida (*set point*) que se identifica com a teoria de conforto do Prof. Fanger (1972); e b) o método adaptativo que admite uma flutuação ‘natural’ da temperatura. A diferença entre eles está em que no primeiro caso se parte do princípio de que existe um equipamento mecânico responsável por satisfazer, com rigor, as condições de conforto estabelecidas e, no segundo, parte-se de um amplo trabalho de experimentação que demonstrou ser possível atingir as condições de conforto, numa escala de valores relativamente ampla, ao considerar uma margem para a adaptação. O que é comum nestes dois métodos é a definição do intervalo dos descontentes.

No caso dos edifícios que não possuem sistemas de climatização o método do *set point* não será assim adequado, sendo de partir do princípio de que a utilização o método adaptativo permite responder às exigências.

#### *Conforto visual*

As condições confortáveis de iluminação num espaço dependem da quantidade, distribuição e qualidade da luz (ver item 3.2.3), sendo o efeito do encandeamento o problema de conforto mais usualmente encontrado no que se refere à qualidade da iluminação. Este é provocado pelo brilho de uma fonte de luz com elevada luminosidade ao entrar directamente no campo de visão de uma pessoa. Pode ocorrer com fontes interiores (iluminação artificial) ou com a luz solar.



*Qualidade do ar*

O conforto relativo à qualidade do ar é expresso basicamente ao nível da simples detecção sensorial. A percepção dos odores característicos pela sua intensidade ou desagradabilidade existentes no ar e proveniente de fontes diversas como dos próprios ocupantes (bio-efluentes, nomeadamente, por respiração e transpiração), das suas actividades (fumar, fotocopiar, cozinhar, ...); dos sistemas de ventilação mecânica, quando os filtros não são sujeitos a manutenção adequada; e dos materiais de construção (revestimento e mobiliário) e de limpeza podem provocar incomodo nas pessoas de modo a interferir no desempenho das suas actividades, já que muitos são de origem sintética à base de produtos derivados do petróleo e estão sujeitos à fenómenos permanentes de interacção superfície/ar, quer de emissão de gases poluentes, quer de adsorção (humidade, por exemplo), quer de re-emissão, agora de substâncias secundárias resultantes de sinergias entre as adsorvidas, as presentes no ar e as originais dos materiais.

A temperatura, como a humidade, podem, assim, influenciar significativamente a percepção da qualidade do ar, sendo este percebido como fresco e agradável ou então, abafado.

*Qualidade acústica*

Os problemas de conforto no que se refere ao ruído em edifícios não industriais, são fundamentalmente o incómodo causado por um ruído inoportuno ou então, pela perda de privacidade. Nas grande cidades, particularmente em edifícios em que o sistema de ventilação obriga a abertura das janelas, o ruído vindo do exterior (carros, aviões) pode se tornar um problema que muitas vezes é resolvido com o fechamento das janelas e a colocação de um sistema de climatização. Nos edifícios pode-se ainda salientar os problemas resultantes da má qualidade dos elementos de separação entre fracções, o que vem a acarretar muitas vezes, na perda de privacidade.

**3.3.3. O papel da ventilação**

No âmbito da higiene e do conforto termo-higrométrico dos espaços interiores, a ventilação apresenta um papel complementar, mas essencial de controlo final da garantia da satisfação das exigências relativamente à qualidade do ambiente interior. Ela deverá intervir sempre que há ocupação humana. Todos os regulamentos e normas referem valores mínimos de ventilação expressos em caudais por hora e por ocupante ou por m<sup>2</sup> ou ainda em taxas de ventilação em renovações por hora (RCCTE, RSECE, etc.). A ventilação tem como objectivos principais a renovação do ar, o fornecimento de ar novo, limpo aos ocupantes, além da diluição e a remoção dos poluentes (substâncias químicas emitidas pelos materiais de construção e pelos produtos de limpeza, fumo de tabaco, radão, bio-efluentes, ...) de forma a manter as boas condições de habitabilidade. Pode-se referir ainda a importância da ventilação no controlo da humidade de modo a garantir as condições de conforto higrotérmico, já que podendo a

temperatura subir, alcançar condições de conforto pode ser mais difícil se a humidade também subir; e a evitar as condensações e o consequente crescimento de fungos e bolores, além de prevenir a deterioração dos elementos da construção.

A ventilação pode ser realizada através de vários processos: 1) a ventilação natural, tirando partido do jogo de pressões que a circulação do ar (vento) gera em torno do edifício e facilitada pela adequada localização e dimensão das aberturas; 2) a ventilação mecânica por extracção, já bastante generalizada, ou por insuflação ou ambas, como é comum nas instalações de ar condicionado; ou ainda a partir do conjugar das duas, ou seja, 3) a ventilação híbrida em que a base é a ventilação natural e a ventilação mecânica complementa localmente, ao abrigo do critério do controle na fonte (exaustão mecânica na cozinha e nas casas de banho). No caso deste trabalho a ventilação natural será a solução de preferência e em alguns casos também a ventilação híbrida, na medida em que o objectivo deste estudo recai sobre a proposta de soluções que garantam boas condições de habitabilidade com o consumo racional de energia.

A ventilação natural consiste no processo de exaustão do ar viciado e poluído que se encontra no interior dos edifícios e simultaneamente estabeleça as condições para a entrada de ar de uma forma natural, através dos vãos da fachada ou de outras aberturas previstas intencionalmente, promovida pelas diferenças de pressão geradas pela acção dos ventos nas fachadas, assim como pela variação da densidade do ar por acção da temperatura.

É ainda muito comum na maioria dos edifícios a infiltração de ar, que apesar de ser um processo também natural, difere da ventilação natural na medida em que se apresenta como um processo que não é intencional, acontece sem o controlo das pessoas. A infiltração pode ocorrer a partir de aberturas não intencionais (como nos casos das caixas de estores), articulações e frinchas em paredes, pavimentos, tectos e em redor de janelas e portas. Apresenta-se ainda como uma das causas de desconforto térmico nas estações de aquecimento dada a entrada de ar frio no ambiente interior.

No caso da ventilação natural, o próprio edifício é parte integrante do sistema de ventilação devendo ser integrado no projecto desde a sua fase inicial de modo a tirar o máximo partido das condições ambientais naturais (ventos, vegetação,...). As aberturas não só na envolvente como também no interior do edifício permitem a entrada e circulação do ar de modo a percorrer todos os espaços permitindo uma ventilação mais eficaz. Cuidado deve-se ter às correntes de ar ao nível dos ocupantes, por ser causa de desconforto.

A ventilação natural apresenta contudo algumas limitações e inconvenientes, pois depende das condições climáticas (no inverno a abertura das janelas está comprometida), das condições do ar exterior que pode ser fonte de poluição interior, que podem comprometer a sua eficácia.

### 3.3.4. Custos socio-económicos

A qualidade do ambiente interior pode afectar o conforto e a saúde das pessoas, podendo mesmo vir a provocar lesões graves, conforme exposto acima. Apesar de à princípio pensar-se que o desconforto ou a má qualidade do ar são problemas que causam efeitos apenas às pessoas directamente afectadas, muitos estudos têm demonstrado que tanto os empregadores, como os donos de imóveis entre outros, são lesados com esta situação.

Os efeitos decorrentes da má qualidade do ambiente interior são muito vastos uma vez que podem atingir um grande número de pessoas nas suas diversas actividades e nos mais variados locais: em casa, nos locais de trabalho, nas escolas, nos hospitais, enfim, em todos os ambientes interiores construídos. De uma forma sucinta, lista-se abaixo, a título de exemplo, alguns tipos de impacte da má qualidade do ambiente interior:

- a) Efeitos ao nível individual (saúde, bem-estar);
- b) Efeitos para os donos de imóveis (constante troca de inquilinos);
- c) Efeitos ao nível das empresas (baixa produtividade, absentismo);
- d) Efeitos para a sociedade (fraca aprendizagem, custos sociais da saúde, infecções hospitalares).

A nível da saúde, o impacte económico da má qualidade do ambiente interior inclui despesas com cuidados médicos, dias de trabalho perdidos, perda de rendimentos durante o período de doença, baixa produtividade, entre outros. Nos Estados Unidos, por exemplo, a quebra de produtividade, para cada trabalhador e devido à má qualidade do ar, é estimada em 3% (14 minutos/dia) acrescidos de 0,6% devido às faltas anuais por doença. Na Noruega, os custos devido à má qualidade do ar foi estimado em 1,0 a 1,5 mil milhões de euros por ano, o que corresponde a 250 a 350 euros por habitante. Estas estimativas incluem custos relacionados aos cuidados médicos, mas não contempla a baixa produtividade dos trabalhadores (ECA, 2003; 1996).

Ao nível do conforto, estudos comprovam, por exemplo, as perdas de rendimento dos donos de imóveis devido às más condições de conforto. Um estudo realizado pela *Building Owners and Managers Association* (BOMA) revela os custos estimados devido às queixas dos inquilinos em relação ao conforto e suas consequências (mudança do inquilino, dificuldade de arrendamento). Demonstra assim, que os imóveis com menor qualidade ambiental acabam por perder a competitividade no mercado imobiliário (citado em ECA, 2003).

Estudos levados a cabo na Finlândia por Seppänen and Palonen (Seppänen, 1998 citado em ECA, 2003) estimaram ainda os efeitos da má qualidade do ambiente interior a nível da economia nacional, revelando um custo total de 18 mil milhões FIM (Finnish Marks). A título

comparativo e ainda no âmbito deste mesmo estudo, pode-se referir o custo anual de energia que é de 14,2 mil milhões de FIM, valor inferior ao do custo devido à má qualidade do ambiente interior. Por estes números pode-se comprovar que a melhoria das condições ambientais dos espaços interiores representa um dos maiores investimentos que a sociedade como um todo e o sector da economia em particular pode fazer (ECA, 1986; 2003; Fanger, 2003; Wargocki, 2000).

### 3.4. A ENERGIA NOS EDIFÍCIOS E A SUSTENTABILIDADE

Desde a primeira crise energética em 1974, a economia de energia tem vindo a ser uma prioridade na maior parte dos países industrializados. Mais recentemente, a urgência do uso racional de energia de origem fóssil tem aumentado devido a preocupações ambientais, nomeadamente quanto às alterações do clima global consequência do aumento do nível de emissões de gases de efeito estufa, em particular o CO<sub>2</sub> (ECA, 1996). A utilização de energia, por ser uma actividade que representa um impacte não só no ambiente local, mas também um impacte global, dadas as suas consequências a nível do planeta, levou a acções internacionais no sentido de empreender esforços na tentativa de deter este desenfreado processo de degradação ambiental. O resultado destes esforços culminou na Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento no Rio de Janeiro, em Junho de 1992. Nesta conferência todos os governantes foram chamados a implementar acções a nível nacional e em particular a adoptar estratégias de desenvolvimento sustentável, este como sendo o desenvolvimento que encontra resposta às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das futuras gerações de suprir as suas próprias necessidades (ECA, 1996).

De modo a adaptar este amplo conceito às várias disciplinas, outras sub definições foram sendo criadas de forma a dar resposta a particularidade de cada sector. Ao nível da arquitectura e dos edifícios em particular, pode-se referir o conceito por um grupo de trabalho a nível da União Europeia cujo relatório se encontra publicado (ECA, 2003, p.9): *“edifícios sustentáveis são aqueles que proporcionam aos seus utilizadores ambientes habitáveis e saudáveis e que asseguram a satisfação das necessidades dos utentes de hoje sem diminuir a capacidade dos sistemas ambientais locais, regionais ou globais de darem resposta às necessidades das gerações futuras”*. A título de exemplo e de modo a perceber como na prática este conceito é adoptado, pode-se ainda referir o que utiliza o atelier do arquitecto Norman Foster and Partners que define a arquitectura sustentável como a criação de edifícios que sejam eficientes quanto ao consumo de energia, saudáveis, confortáveis, flexíveis ao uso e projectados de modo a ter um longo tempo de vida útil (Edwards, 2004).

A sustentabilidade apresenta-se assim, como um conceito complexo, abrangendo não só aspectos ambientais como também económicos, sociais e culturais, cuja consideração deverá estar cada vez mais presente sempre que se planeiam ou projectam as “actividades humanas”, nomeadamente, no caso vertente dos edifícios. Quando se fala em sustentabilidade dos

edifícios, está assim em causa o uso dos recursos naturais (solo, materiais, energia), bem como todos os aspectos económicos e sociais ligados à duração e qualificação do ambiente construído.

O objectivo da sustentabilidade pela via do uso eficiente da energia reclama então que se adopte ao nível dos projectos dos edifícios soluções que, conduzindo aos resultados desejados, o façam em condições da menor dependência de consumo de energia evitável, isto é, com a menor quantidade de energia necessária, evitando os desperdícios. Se por outro lado, parte das necessidades energéticas para o aquecimento, a iluminação, a ventilação e o arrefecimento dos espaços puder ser assegurado por meios passivos, estes devem ser vivamente encorajados e amplamente utilizados.

De forma a dar um pequeno enquadramento do impacte dos edifícios a nível de Portugal e de acordo com as estatísticas da DGGE, os edifícios são responsáveis pelo consumo de energia de cerca de 30% do consumo final total do país, sendo 17% residencial e os serviços com 13%. As fontes energéticas são diversificadas, mas há uma preponderância do consumo de electricidade, em que os edifícios representam mais da metade dos consumos a nível nacional.

Diante deste quadro, e ao nível dos edifícios, fazem-se necessárias acções que dêem resposta às seguintes directrizes:

- 1) Busca de fontes de energia alternativa aos combustíveis fósseis que sejam limpos;
- 2) Promoção da eficiência energética;

As fontes de energia renováveis apresentam-se neste contexto como uma solução eficaz em resposta ao primeiro ponto acima. O potencial dos elementos naturais como o vento, o sol, entre outros, pode ser utilizado de formas tão diversa como através de painéis solares ou placas fotovoltaicas; o seu aproveitamento através das soluções solares passivas de aquecimento dos edifícios ou do arrefecimento evaporativo ou a partir da ventilação natural; a utilização da luz solar para a iluminação dos espaços; entre tantas soluções.

No caso da eficiência energética, pode-se aqui separá-la em dois campos: 1) o dos equipamentos, muitos deles importados, incorporando tecnologias mais eficientes desde a origem, em geral sujeitos a maior competitividade no mercado e, por isto, com algumas possibilidades de serem eficientes e 2) o campo dos sistemas de uso da energia. Neste último caso, a eficiência é dada pelo uso racional da energia, sendo este considerado como o mínimo necessário para se atingir os níveis de conforto e higiene dos espaços. O sector da construção, e em particular os seus principais actores, têm aqui um desafio na busca de soluções capazes de darem respostas mais adequadas às necessidades dos ocupantes com o menor de consumo de energia possível.

# 4.

## **ESTRATÉGIAS PARA A CONCEPÇÃO DE ESPAÇOS INTERIORES VISANDO A BOA QUALIDADE DO AMBIENTE INTERIOR E O USO RACIONAL DE ENERGIA**

Após a análise do ambiente interior através de alguns dos parâmetros que o caracterizam, assim como o seu impacte na saúde e conforto dos ocupantes, torna-se necessária a definição de estratégias para que seja possível atingir o objectivo da boa qualidade do ambiente interior com o racional uso de energia. O principal enfoque será sempre dado às pessoas e as suas necessidades de conforto e de bem-estar para a melhor realização das actividades, sejam elas de lazer, trabalho ou outra. O edifício, por sua vez, desempenha o papel de interlocutor na comunicação entre as pessoas e o meio, na medida em que tem a possibilidade de tirar partido das características ambientais do local e evitar determinados aspectos quando indesejáveis.

Muitos são os factores que interferem na qualidade do ambiente interior, como por exemplo a forma, a localização e a orientação do edifício, os materiais e as técnicas de construção, os sistemas de climatização, assim como o funcionamento e manutenção do edifício e de todas as suas partes (o que inclui os sistemas de controlo ambiental). Numa concepção que se deseje criteriosa, estes e muitos outros aspectos devem ser considerados desde o início do projecto arquitectónico até a fase de conclusão da obra, tendo os ocupantes ainda o papel de utilizar o

edifício conforme o fim a que ele foi concebido e de proceder à sua manutenção segundo os requisitos de higiene dos espaços.

É de salientar ainda que ao tratar-se das condições do ambiente interior, seria mais adequado tratar dos espaços em separado e não do edifício como um elemento único. Cada edifício é constituído por uma série de compartimentos com usos e requisitos exigenciais distintos e, por isso, a importância de se definir, em fase inicial de projecto, as necessidades específicas de cada espaço em particular e as relações, se desejáveis ou não, com os restantes compartimentos.

Os inúmeros problemas que surgem a partir do edifício podem ser, muitas vezes, evitados pelos projectistas, excepção feita àqueles derivados do comportamento dos ocupantes (fumar, utilização em discordância com o uso previsto, ...), sendo a estratégia de precaução a mais adequada. Assim, uma estratégia que obedecesse ao princípio da precaução aconselharia:

- 1) Condicionar as actividades organizando os espaços pelas funções e impedindo a transferência de poluição entre eles;
- 2) Criar espaços confortáveis em termos termo-higrométricos. Assim, as temperaturas extremas nunca seriam demasiado altas e a humidade relativa e as temperaturas elevadas não ocorreriam simultaneamente;
- 3) Tomar todas as medidas na concepção arquitectónica e na construção para que as cargas térmicas de origem externa sejam reduzidas ao mínimo;
- 4) Tomar as medidas para que o ganho de calor passivo, o armazenamento e a difusão do calor (inércia térmica) se processem pelos meios naturais;
- 5) Assentar em que, sempre que possível, a climatização possa ser assegurada por ventilação natural ou assistida, eventualmente com aquecimento no Inverno, mas dispense o ar condicionado;
- 6) Assegurar que os materiais sejam não emissores de poluentes para que não agravem a carga de poluição interior devida aos ocupantes e suas actividades;
- 7) Garantir os níveis de ventilação requeridos (através da exaustão, abertura de janelas, ...);
- 8) Evitar as condensações.

Desta sequência tornam-se claros os diversos aspectos que influenciam o sucesso das estratégias para se atingir o conforto e a higiene dos espaços, nomeadamente a concepção do projecto arquitectónico, a especificação dos materiais e as tecnologias construtivas, a construção, utilização e manutenção dos edifícios e os equipamentos de climatização. Salienta-

se ainda a importância das tecnologias passivas como meio natural de se atingir o objectivo da qualidade do ambiente interior.

#### 4.1. A CONCEPÇÃO ARQUITECTÓNICA

Um dos factores de maior influência na qualidade do ambiente interior, particularmente no que se refere ao conforto higrotérmico, diz respeito à concepção arquitectónica. O projecto de arquitectura é pois, o responsável pelo grau de eficiência com que os edifícios, mais especificamente a sua envolvente, desempenham o seu papel de filtro das variáveis climáticas (temperatura do ar, humidade, radiação solar, ...), ao tirar partido destas variáveis ou ao evitá-las quando indesejadas. A concepção arquitectónica pode ainda ser analisada sob os seguintes aspectos:

- a) Localização e orientação do edifício;
- b) Forma do edifício e características da sua envolvente (opaca e transparente);
- c) Especificação de materiais de construção e técnicas construtivas;
- d) Sistemas de energéticos (sistemas passivos e activos).

##### *Localização e orientação do edifício*

O local onde o edifício será implantado constitui a base sobre as quais se assentarão as demais decisões de projecto. A avaliação cuidadosa do local adequado para a implantação do edifício será assim, fundamental no aproveitamento das potencialidades do terreno, como as vistas, o acesso ao sol, o sombreamento natural pela vegetação, o arrefecimento aproveitando os ventos dominantes, entre outros. O local apresenta características (topografia, vegetação, ...) que condicionam a concepção arquitectónica, mas o edifício, por sua vez, modifica as características do local. Desta forma, é nesta fase de implantação do edifício que se encontra a oportunidade de modificar o meio natural envolvente de modo a explorar as condições favoráveis e minimizar quaisquer efeitos negativos, como a obstrução do acesso solar por edifícios vizinhos ou a presença de fontes externas de poluição (sonora e do ar).

A adequada orientação dos edifícios apresenta ainda a possibilidade de melhor aproveitamento da radiação solar, de forma a dar resposta às necessidades de conforto de cada espaço. O edifício disposto ao longo do eixo este-oeste expõe a sua maior fachada ao sul, onde os ganhos solares são maiores durante os meses de Inverno. Devido à alteração do percurso solar ao longo do ano, estes ganhos podem ser evitados, no Verão, através da colocação de sistemas de sombreamento, evitando assim o sobreaquecimento.

A ventilação dos espaços poderá ainda ser beneficiada pela orientação dos edifícios. O aproveitamento dos ventos dominantes para uma estratégia eficaz de ventilação é ainda



conseguida conforme a orientação do edifício no terreno e sua relação com os obstáculos da envolvente, como a vegetação e os edifícios vizinhos que podem alterar a direcção dos ventos.

Os arranjos dos espaços exteriores são ainda factores que podem contribuir para a qualidade do ambiente interior. Aqueles podem ser usados para controlar o sol e o vento e também podem ajudar a reduzir o ruído e a poluição, além de proporcionar estímulo visual. Os efeitos microclimáticos que podem ser considerados através de arranjos exteriores e acabamentos externos incluem os seguintes aspectos:

- a) Modificação da direcção e / ou da velocidade dos ventos e das brisas;
- b) Sombreamento de superfícies e do pavimento da envolvente do edifício;
- c) Controlo das reflectâncias das superfícies e das temperaturas (através da especificação apropriada dos materiais de revestimento dos pavimentos e dos acabamentos exteriores);
- d) Arrefecimento através da evapo-transpiração das plantas e da evaporação da água.

Em resumo, pode-se destacar as seguintes estratégias:

- Localizar e orientar o edifício no terreno tendo em conta:
  - A exposição solar: aproveitar a radiação solar através da orientação do edifício, preferencialmente, no sentido este-oeste, de modo a permitir a maior exposição a sul. Deve-se ainda ter cuidado com as obstruções de elementos da envolvente;
  - As fontes de poluição exterior: estas podem afectar negativamente a utilização de um sistema natural de ventilação;
  - A orientação dos ventos dominantes: ter em atenção a direcção dos ventos assim como os seus efeitos na concepção da estratégia de ventilação do edifício;
  - Os arranjos exteriores: devem contribuir para criar condições exteriores do local capazes de influenciar positivamente o ambiente interior.

#### *Forma do edifício e características da sua envolvente*

A forma do edifício e a organização espacial interna afectam as trocas de calor, a exposição ao vento, a ventilação natural, assim como o potencial para o aquecimento e o arrefecimento passivos. Os diversos espaços de um edifício devem ser assim dispostos, em planta e em elevação, de forma a dar resposta aos requisitos exigenciais de conforto e saúde e cada espaço em particular, consoante o seu uso.

De acordo com a forma do edifício, estes podem ser agrupados genericamente em dois grupos: 1) edifícios de forma compacta e 2) edifícios de forma linear. Outras formas podem ser concebidas com a conjugação ou adaptação destas duas formas (formas combinadas). Os edifícios com formas mais compactas apresentam a vantagem de possuir uma menor área exposta da sua envolvente, o que vem a diminuir as trocas de calor com o exterior e as necessidades energéticas. A cobertura torna-se, assim, o elemento crítico, dada a sua grande superfície de exposição. As questões de ventilação e de iluminação das áreas centrais são questões sensíveis nesta opção formal. A cobertura e a secção tornam-se aqui, nos aspectos mais importantes no que se refere a proporcionar iluminação e ventilação para as áreas centrais do edifício.

A forma linear dos edifícios, por sua vez, proporciona melhores condições de controlar a orientação dos espaços e a sua distribuição em planta, resolvendo assim questões relacionadas com a iluminação e a ventilação natural. A orientação do edifício é factor fundamental nesta opção formal, na medida em que uma escolha desfavorável irá cancelar algumas das vantagens que esta forma proporciona. A grande superfície exposta é o ponto sensível da forma linear, já que pode conduzir a perdas de calor, e consequente acréscimo do consumo de energia, e taxas de infiltração de ar muito elevadas, caso não seja feito o controlo eficaz das áreas de envidraçados (estanquidade) e dos ganhos de calor solares (sombreamento), e não seja previsto o isolamento térmico adequado dos elementos opacos. Na forma linear as janelas e as paredes são, assim, também elementos críticos.

A partir da escolha da forma mais adequada, de acordo com a utilização do edifício e segundo as estratégias para o melhor aproveitamento das características do local, os espaços interiores são organizados tendo como principal objectivo o de dar resposta às suas necessidades de aquecimento, arrefecimento e renovação do ar, além de evitar a transferência de poluição entre eles.

Sempre que possível, os espaços que pelo seu padrão de ocupação requerem aquecimento permanente, devem ter orientação sul, pelo facto desta receber as maiores quantidades de insolação durante o período frio e de ter uma exposição à radiação solar mais uniforme que qualquer outra orientação, tanto a nível sazonal como dentro do ciclo diário. No Verão, em que os ganhos de calor são indesejáveis, a utilização de um sistema de sombreamento, como por exemplo a colocação de uma pala, evitará a radiação solar directa nos envidraçados, reduzindo assim, os ganhos de calor. Aqueles espaços que, pelo seu uso, necessitem de aquecimento intermitente, poderão ter orientações desfavoráveis, não descurando contudo, das questões do sobreaquecimento. Nestes casos a orientação a este é preferível a oeste. Em situações em que os espaços necessitem de arrefecimento, por exemplo, devido às elevadas cargas térmicas internas a que estão sujeitos, estes deverão ser orientados a norte.

Deve-se ainda ter atenção à interceptação dos raios solares, dirigidos a uma superfície, por uma obstrução exterior, como edifícios vizinhos, árvores, entre outros. Estes obstáculos

enfraquecem a vantagem da orientação a sul, em relação a este e oeste, durante o período frio do ano e por isso, devem ser avaliados na fase inicial da concepção.

Além da forma e da orientação dos espaços, as características da envolvente, do invólucro do edifício, com os seus elementos opacos e translúcidos, são factores que se apresentam como fundamentais no comportamento ambiental do edifício, na medida em que filtram e alteram as condições climáticas exteriores (radiação solar, temperatura do ar, ...), tirando partido das favoráveis e eliminando as desfavoráveis. Tomam aqui destaque os seguintes aspectos:

- a) Isolamento térmico;
- b) Inércia térmica;
- c) Controlo das infiltrações;
- d) Dimensionamento dos vãos envidraçados e respectivo sombreamento.

O isolamento térmico da envolvente apresenta-se aqui como a primeira barreira do edifício em relação à envolvente. A eficácia do isolamento é dada assim, pela capacidade que este tem em diminuir a transferência de calor entre os ambientes interior e exterior, caso se esteja a tratar da estação de aquecimento, em que as perdas de calor são indesejáveis, ou da estação de arrefecimento, quando contrariamente, quer-se evitar os ganhos.

A inércia térmica, por sua vez, determina o tempo em que as trocas de calor são realizadas. A massa térmica actua então, como elemento de armazenamento de calor em horas de picos de calor, sendo este calor nos períodos em que a temperatura interior é menor.

Os vãos envidraçados e o sistema de sombreamento representam a conjugação de dois elementos indispensáveis no controlo dos ganhos de calor. Uma vez que estes ganhos são desejáveis apenas na estação de aquecimento, sendo de evitar no verão, torna-se essencial a associação destes dois elementos que, conjugados com uma adequada orientação, permite controlar de uma forma bastante satisfatória, as trocas térmicas.

Estes factores tornam-se variáveis no projecto na medida em que, consoante a função do edifício e dos diversos espaços em particular, os valores de inércia térmica ou o dimensionamento dos envidraçados, por exemplo, podem apresentar valores diferentes. Por isto, é necessário definir, inicialmente, as características de uso dos espaços. A resposta a algumas perguntas podem facilitar a definição das prioridades e respectivas estratégias:

- a) Deverá ser um edifício de resposta lenta ou rápida?
- b) Deverá a envolvente ser utilizada para o armazenamento de calor?

- c) O principal objectivo será o de explorar a luz natural, maximizar os ganhos ou minimizar as perdas?
- d) Existem problemas particulares a resolver em relação à utilização, ao sítio ou à orientação?

Com a resposta a estas perguntas torna-se mais fácil a definição do comportamento térmico pretendido. Por exemplo, em espaços em que a ocupação é contínua, o seu aquecimento deve ser assegurado por ganhos de calor através dos envidraçados, sendo desejável uma resposta lenta do edifício (maior inércia térmica). Se por outro lado, a ocupação é intermitente, é aconselhável que o edifício tenha uma resposta rápida quando da introdução de sistemas de climatização. Em outras situações em que as cargas térmicas são elevadas, a massa térmica conjugada com o isolamento pelo exterior e uma orientação norte, proporcionará maiores perdas de calor e evitará os ganhos do exterior.

A infiltração é ainda outro factor que interfere na qualidade do ar interior, na medida em que constitui a entrada de ar, não controlada, em condições, muitas vezes, indesejáveis de temperatura e de qualidade do ar. Este ar é inserido no ambiente interior por meios naturais a partir de aberturas não intencionais, articulações, frinchas existentes nas paredes, pavimentos, tectos e em redor de janelas e portas. Na construção dos edifícios e na especificação dos caixilhos dos vãos envidraçados deve-se então cuidar para que a estanquidade da envolvente seja a melhor possível.

Como se vê, é necessário avaliar cada caso em particular para que seja possível definir as estratégias mais adequadas para uma situação específica, não havendo assim, uma “solução tipo”. Há que conhecer as características dos materiais para que, conjugadas com as estratégias adequadas, chegar a um resultado satisfatório da qualidade do ambiente interior.

As estratégias no que se refere à especificação de materiais de construção e técnicas construtivas, assim como aos sistemas de produção de energia, serão abaixo apresentadas em itens específicos.

#### 4.2. A ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS E AS TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS

A qualidade do ambiente interior não é dada somente pela adequada orientação e localização do edifício ou pela forma destes, estratégias já mencionadas acima. Os materiais e as tecnologias construtivas também têm um contributo significativo na medida em que interferem na função térmica do edifício e na qualidade do ar interior.

O papel dos materiais de acabamento no desempenho energético dos edifícios está relacionado, em particular, com o comportamento térmico. As características dos materiais, como a sua condutância térmica ou a sua massa térmica (capacidade de armazenamento de

calor), interferem na “rapidez” da resposta do ambiente interior, quer dizer, na rapidez com que o ambiente é aquecido ou arrefecido. Por exemplo, um espaço que apresenta uma massa térmica elevada levaria algum tempo a aquecer, as temperaturas das superfícies permaneceriam baixas e garantiriam um ambiente interior mais fresco. Esta é a situação ideal na estação de arrefecimento, mas não desejável no Inverno. Por outro lado, a utilização de materiais com uma menor massa térmica, como é o caso da madeira, reduziria o tempo de resposta térmica do espaço, desejável no inverno.

O padrão de ocupação dos espaços é ainda factor a considerar na opção por um ambiente interior com uma resposta térmica rápida ou lenta. Em casos onde a ocupação do espaço não é constante, é desejável que a introdução de uma fonte de calor seja rapidamente assimilada, aquecendo ou arrefecendo o espaço, conforme se tratar do Inverno ou do Verão. Caso contrário são as situações em que a ocupação é contínua e que a capacidade de armazenamento de calor é desejável, na medida em que os materiais armazenam o calor durante o dia e o emitem à noite, quando o espaço não é aquecido pela radiação solar.

O contributo dos materiais na qualidade do ambiente interior refere-se ainda ao seu nível de emissão de poluentes. A escolha de materiais “limpos” faz-se necessária de modo a não agravar os níveis de poluição do ar interior devido aos seus ocupantes e suas actividades. Em edifícios sem sistemas de climatização, situação considerada como preferencial neste trabalho, esta questão é mais sensível, na medida em que a ventilação natural pode não resolver o problema da extracção e/ou diluição dos poluentes. Nos casos em que haja climatização mecânica a vantagem da adequada especificação de materiais é no sentido de reduzir a necessidade do condicionamento artificial do ambiente e de, por via desta redução, não agravar os consumos energéticos.

Neste contexto faz-se necessária a disponibilização de informações referentes às características do material para que seja possível uma especificação adequada. Quanto às suas características térmicas é já abundante a informação existente, o mesmo não se podendo dizer sobre às características ao nível das emissões de poluentes. Sabe-se que o tema da qualidade do ar interior é ainda recente e por isso, muita informação está ainda em falta. Contudo, e a exemplo de outros países da União Europeia (Finlândia e Dinamarca), a etiquetagem dos materiais (*labelling*) seria a forma mais eficaz de não só de disponibilizar dados importantes para a especificação dos materiais, como também poderia se apresentar como um factor de *marketing*, encorajando os profissionais e o público em geral para a utilização de materiais “limpos”.

As técnicas construtivas, por sua vez, têm ainda a oportunidade de contribuir no desempenho ambiental do edifício, tanto a nível do seu comportamento térmico quanto da qualidade do ar interior, através dos seguintes procedimentos:

- a) Tratamento das pontes térmicas, evitando a transmissão de calor e do aparecimento de condensações nas superfícies frias;
- b) Evitar as infiltrações, através da adequada escolha e aplicação dos caixilhos dos vãos envidraçados, da vedação de frestas na envolvente do edifício, como é o caso das caixas de estores, entre outros;
- c) Escolher produtos baixo emissivos na aplicação e acabamento dos materiais (colas, vernizes, tintas, etc.);
- d) Evitar a entrada d'água nos elementos constituintes do edifício, de modo a evitar o aparecimento de bolor e da deterioração dos materiais.

#### 4.3. A UTILIZAÇÃO E A MANUTENÇÃO DOS EDIFÍCIOS

Grande parte dos problemas da qualidade do ambiente interior deve-se ao mal uso dos edifícios e de uma manutenção inadequada. Os edifícios são concebidos para terem um uso específico e de forma a dar resposta às exigências derivadas da ocupação e da actividade. A realização de actividades com características distintas daquelas inicialmente projectadas pode gerar cargas térmicas ou de poluentes acrescidas, causando desconforto e mal-estar, ou até problemas de saúde.

De forma a evitar estes problemas, o edifício, assim como os sistemas que o compõem (sistemas de climatização, entre outros), devem compreender em seus projectos procedimentos para o seu adequado funcionamento e manutenção, não apenas para satisfazer as exigências de higiene do ambiente interior, mas também para contribuir para o conforto e a produtividade dentro dos espaços. Em edifícios pequenos como os residenciais, a complexidade dos sistemas é menor, mas mesmo nestes casos deve-se fornecer, no mínimo, a documentação dos equipamentos e sistemas do edifício, além de informação para os usuários.

Em edifícios de grandes dimensões, onde a complexidade dos sistemas é acrescida, torna-se essencial a indicação de um responsável pelo correcto funcionamento e manutenção do edifício. Este deve cuidar para que seja feita a manutenção regular dos sistemas de climatização e outros e estar atento quanto às queixas em relação à saúde e ao conforto dos ocupantes.

A limpeza do edifício e do seu mobiliário deve ainda ser alvo de atenção, uma vez que os produtos de limpeza constituem, com alguma frequência, fonte de poluição por apresentar compostos altamente nocivos à saúde.

#### 4.4. O PAPEL DAS TECNOLOGIAS PASSIVAS

As tecnologias passivas apresentam, no desempenho geral do edifício, um papel de extrema importância, na medida em que fornecem soluções eficientes, que combinam o aproveitamento das energias e as características naturais do local (radiação solar, vento, vegetação), capazes de contribuir para qualidade do ambiente interior apenas com o uso de meios naturais, isto é, sem a utilização de sistemas mecânicos. A energia utilizada no sistema passivo é o proveniente do próprio local (radiação solar, vento) que, através da envolvente dos edifícios, é captada e distribuída para o ambiente interior, de acordo com as necessidades de cada espaço. O conhecimento das características do local (clima, vegetação, topografia), da envolvente, assim como dos materiais a utilizar na construção do edifício, torna-se imprescindível para a concepção dos sistemas passivos, uma vez que o local pode apresentar obstáculos para o aproveitamento das energias, como no caso de obstruções da radiação solar por edifícios vizinhos ou a existência de fontes de poluição do ar ou sonora, como no caso dos grandes centros urbanos.

As tecnologias passivas são assim, todos os sistemas arquitectónicos e construtivos que provêm, de forma natural, um ambiente interior com boa qualidade, sem o uso de energia ou então com uma utilização reduzida. O sistema solar passivo é um dos exemplos mais conhecidos, apesar de não ser o único. Alguns exemplos de sistemas passivos podem então ser apresentados:

- a) Melhorar o conforto através do isolamento térmico, do aproveitamento dos ganhos solares, da inércia térmica e do controlo da ventilação natural;
- b) Melhorar o conforto térmico de verão através do isolamento térmico, da protecção da radiação solar, da inércia térmica e do adequado sistema de ventilação natural;
- c) Assegurar a qualidade do ar interior através do uso de materiais limpos e do controlo da ventilação natural;
- d) Promover a adequada iluminação natural dos espaços;
- e) Proteger os espaços interiores dos ruídos através do isolamento acústico.

##### *Sistema solar passivo*

O sistema solar passivo, ao considerar os diversos factores determinantes do desempenho energético-ambiental do edifício (clima, envolvente, materiais), o fazem com o objectivo de proporcionar espaços interiores de qualidade. Para tal, tira partido das condições climáticas e do local e evita os efeitos indesejáveis. A envolvente do edifício tem aqui um papel fundamental, sendo o actor principal, mas não o único, deste processo.

A envolvente dos edifícios e demais componentes construtivos oferecem meios de captação de energia solar, pelos envidraçados, e de gestão da energia, esta proveniente dos ganhos solares ou internos, através de mecanismos de armazenamento e de difusão do calor e da luz interior. A existência de aberturas desejadas (janelas, portas) ou não (frinchas) pode assegurar níveis de ventilação suficientes.

Como estratégias para se atingir o conforto higrotérmico, e de uma forma sucinta, pode-se referir as seguintes:

Na estação de aquecimento:

- Promover ganhos solares;
- Restringir perdas por condução

Na estação de arrefecimento:

- Restringir ganhos solares;
- Restringir ganhos por condução;
- Ventilação natural;
- Arrefecimento pelo solo;
- Arrefecimento evaporativo;
- Arrefecimento Radioactivo;
- Promover inércia forte.

Os sistemas passivos são assim, as soluções de eleição para a arquitectura, por se apresentarem como uma opção económica, por não necessitar da utilização de energia de origem fóssil e por não se danificar. Deve ser vista não como uma mera alternativa técnica competindo com as demais existentes no mercado, mas como a tecnologia de base, uma vez que é a que permite à arquitectura o desempenho da sua função de forma mais natural, evitando o uso de acessórios. Estes, quando necessários, uma vez que os sistemas passivos não satisfazem em todas as situações de projecto e durante todo o ano as exigências de conforto e higiene dos espaços, são utilizados de forma reduzida quando comparados com casos em que os edifícios não contemplaram, na sua concepção, os sistemas passivos.



#### 4.5. EQUIPAMENTOS ENERGETICAMENTE EFICIENTES

Nas etapas iniciais do projecto de arquitectura, juntamente com a definição da função dos espaços, deve-se considerar a necessidade de utilização dos sistemas mecânicos de climatização. Nem sempre é possível atingir os requisitos exigenciais, através apenas da arquitectura, de todos os espaços ao longo de todo o ano; muitas vezes pelas condicionantes locais que não permitem o aproveitamento dos recursos naturais na aplicação satisfatória dos sistemas passivos, outras vezes pelas características climáticas, mais rigorosas em determinadas zonas geográficas e em certas épocas do ano.

Determinados tipos de edifícios com funções específicas como por exemplo os espaços comerciais de grandes superfícies, os teatros, as salas de conferência entre tantos outros, são ainda definidores da obrigatoriedade da utilização dos sistemas mecânicos de climatização.

Quando se fala em climatização está-se a referir a um processo genérico de controlar ou modificar as condições de conforto com acções ou intervenções definidas em função do objectivo. Assim:

ACÇÃO	OBJECTIVO
▪ Aquecimento	Controlar a temperatura mínima
▪ Arrefecimento	Controlar a temperatura máxima
▪ Humidificação/desumidificação	Controlar a humidade relativa
▪ Ventilação	Renovar o ar no interior e eventualmente assegurar a sua distribuição adequada no espaço
▪ Filtragem	Associada à ventilação

A eficiência dos vários sistemas de climatização passa não só pela utilização de tecnologias mais eficientes, como também pela correcta escolha do tipo de sistema a utilizar e pelo seu adequado projecto.

Não é objectivo deste trabalho a descrição e análise dos vários sistemas de climatização, nem muito menos dos parâmetros do seu projecto. O que se pretende aqui é salientar a importância dos equipamentos energeticamente eficientes no desempenho energético de um edifício, uma vez que se apresentam, em casos específicos, como elementos complementares no sentido de dar resposta aos requisitos exigenciais de conforto e higiene dos espaços.

#### 4.6. PRINCIPAIS ORIENTAÇÕES NORMATIVAS

Os documentos legais existentes em Portugal que regulamentam as condições térmicas e de qualidade do ambiente interior dos edifícios restringem-se ao Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), este último no caso do recurso a meios mecânicos de ventilação, aquecimento, arrefecimento, humidificação e desumidificação. Há ainda o Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU), documento de carácter abrangente, com características de regulamento prescritivo e não um regulamento do tipo 'de desempenho' como os dois primeiros.

No caso específico deste estudo, da metodologia de especificação de materiais proposta, será considerado apenas o cumprimento ao RCCTE, regulamento que avalia o desempenho térmico dos edifícios e por isto, intervém directamente na concepção e no projecto arquitectónico e assim, na especificação dos materiais de construção. Esta opção prende-se ainda à valorização do projecto arquitectónico energeticamente eficiente, aquele que minimiza a necessidade de sistemas energéticos para assegurar as condições de conforto higrotérmico e de qualidade do ar interior.

##### *O Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)*

Sem pretender a transcrição do RCCTE mas de forma a facilitar o seu cumprimento na aplicação da metodologia proposta, destaca-se aqui os aspectos nele inseridos e que constituem requisitos exigenciais para a selecção de materiais de construção. Certamente que este documento não substitui a consulta ao diploma original, apresentando-se apenas como uma compilação organizada de informações relevantes no contexto em que este estudo se insere.

O RCCTE como instrumento regulador das condições térmicas dos edifícios, pretende promover a melhoria das condições de conforto explorando as potencialidades da arquitectura e da construção sem o acréscimo do consumo de energia. O desempenho do edifício\* é então avaliado a partir da energia que é necessário fornecer para manter as condições de conforto nas estações de aquecimento e arrefecimento. Para isto e apesar de seu carácter comportamental, este diploma elege temperaturas de referência a partir de condições convencionadas do ambiente interior, as quais foram escolhidas por serem genericamente aceites como correspondendo às condições mínimas de conforto (RCCTE, 1990).

Uma vez que os valores definidos não asseguram a caracterização total das condições térmicas em aspectos mais específicos como o da formação das condensações, prescrevem-se, em complemento àqueles valores e em associação com eles, outras limitações referidas aos elementos construtivos.

O regulamento, logo a princípio, estabelece as regras a observar no projecto dos edifícios de forma a atingir as condições de conforto térmico definidas. Assim, os edifícios devem ser concebidos de modo que:

- a) As exigências de conforto térmico no seu interior possam vir a ser asseguradas sem dispêndio excessivo de energia;
- b) Os elementos de construção não sofram efeitos patológicos derivados de condensações.

Para o cumprimento das regras acima descritas, são definidas no RCCTE exigências que, ao serem observadas, simultaneamente, permitem uma verificação automática, ou seja, a satisfação imediata do Regulamento:

De acordo com as exigências de aquecimento

- a) Área útil independente não superior a 300m<sup>2</sup>;
- b) Soluções de envolvente cujos coeficientes de transmissão térmica não sejam superiores aos valores de referência (Quadro II.1 do Anexo II do RCCTE);
- c) Soluções de fachada cujo factor de concentração das perdas (Quadro VI.5 do Anexo VI do RCCTE) não seja superior a 1,3;
- d) A área dos envidraçados não deve ultrapassar os 15% da área útil de pavimento;

De acordo com as exigências de arrefecimento

- a) Área útil independente não superior a 300m<sup>2</sup>;
- b) Coeficientes de transmissão térmica não superiores aos valores de referência (Quadro II.1 do Anexo II do RCCTE);
- c) A cobertura deve ser de cor clara (Quadro V.3 do Anexo V do RCCTE);
- d) A inércia térmica do edifício deve ser média ou forte (Quadro VI.7 do Anexo VI do RCCTE);
- e) O factor solar dos envidraçados, de acordo com o tipo de protecção solar, não deve ter um valor superior a 0,15 (Quadro VI.8 do Anexo VI do RCCTE).

Ao se analisar as exigências térmicas acima apresentadas, mesmo nos casos em que seja necessário recorrermos às folhas de cálculo que constam do regulamento, e com vista a estabelecer uma lista de requisitos para a selecção de materiais, verifica-se que o coeficiente de transmissão térmica toma um papel de relevância, juntamente ao factor solar dos

envidraçados e à massa superficial útil dos elementos da construção, já que esta define a classe de inércia térmica do edifício. O cuidado a ter na aplicação dos materiais de forma a se evitar as pontes térmicas (dado a partir do factor de concentração de perdas), nomeadamente devido às caixas de estores, vigas, topos de lajes e pilares, é ainda essencial como forma de se evitar as condensações interiores que degradam os materiais e têm efeitos patológicos ao ambiente.

Em suma, os parâmetros térmicos que se relacionam às características dos materiais e que deverão ser tidos em conta no processo de selecção de materiais de forma a dar cumprimento ao RCCTE são:

- O coeficiente de transmissão térmica dos elementos da envolvente;
- A massa superficial útil dos elementos da construção (define a classe de inércia térmica do edifício);
- O factor solar dos envidraçados.

#### 4.7. SISTEMAS DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL

No contexto de consciencialização das questões ambientais, tem se tornado cada vez mais premente a necessidade de ferramentas e informações úteis que sirvam de auxílio no processo projectual e mais especificamente, na selecção e especificação de materiais. Alguns instrumentos foram criados no sentido de suprir a necessidade de informação actualizada e acessível sobre o impacto ambiental dos materiais e componentes do edifício, como por exemplo o *Environmental Preference Method* (EPD) (1) (Anink, 1996) e *The Green Guide to Specification* – parte integrante do *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM).

Através de uma pré-selecção de materiais estes métodos apresentam a classificação de diversos materiais e produtos de uso corrente na construção de edifícios em países onde estes métodos são aplicados. De uma forma simples e prática, disponibilizam informações sobre o impacto ambiental destes materiais e produtos, o que possibilita a comparação entre aqueles que têm o mesmo uso e com isto, uma selecção e especificação mais consciente.

Enquanto os métodos de especificação de materiais, que constituem directrizes de projecto, fornecem um amplo leque de questões a serem tidas em consideração durante o processo projectual, os sistemas de avaliação ambiental, tais como o *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM)<sup>1</sup> e o *Leadership in Energy & Environmental Design* (LEED Green Building Rating System 2.0), estruturam e organizam a nível de prioridades as diversas questões ambientais, de acordo com a sua importância a nível do impacto global. Esta estruturação e respectiva classificação, apresentada de forma clara,

---

<sup>1</sup> O *Environment Preference Method* foi criado originalmente na Alemanha, em 1991, sendo actualmente utilizado em vários Estados Membros da União Europeia.

representam informação estratégica para as equipas de projecto durante o processo projectual (Cole et al). Estes sistemas de avaliação constituem assim, mais um instrumento de divulgação de informação e uma ferramenta útil para uma criteriosa selecção de materiais.

Se por um lado estas ferramentas têm como objectivo simplificar, através de um guia prático, o complexo processo de escolha dos materiais de menor impacto ambiental, a pré-selecção destes materiais que os métodos de especificação apresentam pode torná-las inflexível quando se trata da introdução de novos materiais no mercado.

Sabe-se que a indústria da construção está em constante transformação e que há, por parte dos arquitectos, uma busca constante de soluções construtivas inovadoras e que respondam satisfatoriamente às suas novas propostas arquitectónicas (estéticas e funcionais). Com isto, qualquer ferramenta que estabeleça à priori uma selecção de materiais e componentes de construção, apresentar-se-á como um instrumento limitador do processo criativo e das opções projectuais. Esta ferramenta tornar-se-á facilmente desactualizada e desajustada às novas solicitações dos profissionais do sector, mesmo ao se apresentar como um guia simples e prático.

A rígida classificação a que os materiais estão sujeitos e que se encontra apresentada na forma de um *check list* tanto nos métodos de especificação de materiais quanto nos sistemas de avaliação acima referidos, pode representar ainda um factor contrário ao reconhecimento das relações e sinergias existentes entre os diversos materiais e seus componentes (2). Ao se avaliar um material isoladamente, dentro de um uso específico, está-se a restringir a avaliação a apenas uma determinada situação. Cada nova composição de materiais corresponde a uma situação específica, o que vem a alterar as interações entre os diversos elementos e como consequência, o seu comportamento ambiental final.

A partir desta breve exposição em que se constata uma certa inflexibilidade das ferramentas disponíveis no auxílio dos projectistas (as acima referidas), pensa-se que a opção de se criar métodos de especificação de materiais de construção que, apesar de simples e de fácil utilização, disponibilizam apenas dados absolutos em detrimento de informações mais abrangentes, não se apresenta como uma opção muito eficaz. Para que uma escolha seja consciente e responsável é de essencial importância o conhecimento de todo o processo de especificação de materiais e não apenas do resultado final.

Torna-se assim cada vez mais necessário que estas ferramentas evoluam no sentido de fomentar o sistema de pensamento dos intervenientes no processo de selecção de materiais (Cole et al). Informação em que se privilegie uma visão panorâmica sobre todo este processo é fundamental na medida em que torna perceptíveis as relações entre as suas diversas fases e a influência de cada opção em todo este processo, contrariamente à divulgação de apenas um resultado, uma classificação final.

# 5.

## **METODOLOGIA DE ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS**

### **5.1. INTRODUÇÃO**

#### *Objectivo e proposta*

Um dos objectivos deste trabalho, conforme já referido, é a elaboração de uma metodologia que permita a especificação de materiais de construção com vista a assegurar o contributo destes para as condições de conforto e higiene – na acepção definida, isto é, incluindo a satisfação dos requisitos da qualidade do ar interior – com uma utilização racional de energia. Muitos são os factores que intervêm na qualidade do ambiente interior (cap.3), mesmo ao se delimitar o universo de estudo aos que determinam as condições de conforto higrotérmico e de qualidade do ar, o que torna a especificação de materiais de construção um processo, em tese, bastante amplo e complexo; amplo pela diversidade de aspectos intervenientes e complexo pela variedade de circunstâncias criadas pelas constantes interacções entre todos estes factores.

Quando se trata da qualidade do ar, esta complexidade é acrescida visto tratar-se de uma matéria recente em que muitos dados são ainda desconhecidos como por exemplo os efeitos

adicionais, sinérgicos ou antagónicos da mistura dos poluentes emitidos pelos diversos materiais. Apesar disto, esta complexidade e as lacunas de informações necessárias não constituem aqui um impedimento para a realização de uma proposta no sentido de contribuir para o desenvolvimento de ferramentas úteis para uma consciente especificação de materiais. Por outro lado, a complexidade inerente ao processo não representa tampouco um elemento indutor à elaboração de uma metodologia exaustiva que, em nome do rigor, atingisse um tal nível de pormenorização que comprometesse a sua fácil compreensão e aplicação.

O objectivo desta metodologia prende-se assim, à concepção de um plano racional de trabalho, sequencial quanto possível, que estimule e ajude a organizar o sistema de pensamento dos responsáveis pela especificação dos materiais ao longo de todo o processo, possibilitando escolhas mais conscientes e responsáveis sem contudo, cercear o processo criativo. Ao se discriminar e organizar as diversas matérias que afectam a qualidade do ambiente interior, possibilita-se uma melhor compreensão do universo de factores que envolvem o trabalho de selecção de um material. Assim como o clima, o local e tantos outros factores fazem parte de uma lista de condicionantes do projecto, as questões que dizem respeito ao contributo dos materiais na qualidade do espaço interior também devem estar aí incluídos, já que são todos elementos importantes a considerar na concepção de espaços que respondam aos requisitos exigenciais de conforto e higiene.

Para isto, propõe-se um conjunto de procedimentos que se pretende abrangente e estruturado partindo de uma visão panorâmica do tema, não representando um guia detalhado para casos específicos. Neste método não é considerada/valorizada uma classificação final dos materiais como sendo a única informação necessária, mas sim todo um conjunto de critérios de ordem técnica que definem e/ou condicionam o desempenho de um material e seu impacto no ambiente interior e na saúde dos ocupantes, desde a aplicação em obra até a utilização e durante todo o seu tempo de vida útil<sup>2</sup>. Apresenta-se como um plano de trabalho simples, numa linguagem acessível aos profissionais do sector e com uma estrutura procedimental que certamente constituirá um auxílio para os projectistas na organização do seu processo pessoal de especificação de materiais. Constitui um documento flexível, capaz de acomodar as circunstâncias de cada caso, de cada projectista; aberto e cumulativo na medida em que permite facilmente a introdução de novos dados, procedimentos, permitindo a sua actualização ao longo da evolução desta matéria.

#### *Enquadramento*

A problemática dos materiais de construção em particular e dos edifícios de uma forma mais ampla, têm sido, no quadro das políticas gerais do Conselho Europeu, uma área de uma particular ênfase. Como reflexo deste facto, foi aprovado em 1989 a Directiva dos Produtos de

---

<sup>2</sup> Este estudo não pretende uma abordagem ao ciclo de vida dos materiais. Analisa o seu desempenho com um enfoque sobre o período normal de uso do edifício, não considerando o seu processo de fabrico e as fases de construção e demolição do edifício.

Construção (*Construction Product Directive – CPD*), onde estão definidos os objectivos a serem atingidos ao nível dos estados membros. Estes objectivos reclamam, por sua vez, a definição de requisitos essenciais em matérias como a segurança e outros aspectos importantes para um bem-estar geral (ECA, 2003), nomeadamente:

- 1) Resistência mecânica e estabilidade;
- 2) Segurança em caso de incêndio;
- 3) Higiene, saúde e ambiente;
- 4) Segurança no uso;
- 5) Protecção contra o ruído;
- 6) Economia de energia e armazenamento de calor.

A forma e os métodos (definição de normas, certificação de materiais e outras acções) utilizados por cada estado membro na definição destes requisitos reflectem a importância dada por cada país aos problemas ambientais e energéticos actuais e às descobertas mais recentes ao nível das investigações. Apesar deste facto, o cumprimento das directivas europeias não são facultativas e sim obrigatórias e por isto a necessidade de implementar medidas no sentido de facilitar as acções para que os objectivos definidos sejam atingidos.

O metodologia aqui proposta insere-se assim, no âmbito de aplicação da Directiva dos Produtos de Construção, na medida em que fornece informação relevante a utilizar na concepção de espaços com condições de higiene, de conforto e de saúde para os ocupantes, com um consumo de energia racional. Esta informação é ainda apresentada de uma forma a facilitar a sua aplicação na prática projectual.

#### *Âmbito de aplicação*

Este estudo tem a sua aplicação restrita aos espaços interiores onde esteja prevista a ocupação humana, construídos em Portugal ou em locais com climas semelhantes. Salienta-se aqui a importância das diferenças das condições climáticas, pois são dos maiores responsáveis pela diversidade que encontramos na arquitectura das diversas regiões, fazendo com que os materiais e tecnologias adequadas para um determinado local não sejam necessariamente os melhores para outro, sobretudo se privilegiamos os espaços que dependem pouco de sistemas mecânicos para se atingir as condições de conforto e higiene desejadas.

Esta metodologia destina-se a nortear o processo de especificação de materiais em caso de espaços/edifícios novos, a erigir mas, por constituir um instrumento que expõe de forma clara e organizada as diversas matérias que interferem na qualidade do ambiente interior, no âmbito do conforto higrotérmico e da qualidade do ar, disponibiliza ainda informação útil para a



elaboração de projectos em que seja necessário outro tipo de intervenção como alterações, remodelações ou até mesmo uma simples renovação.

A presente metodologia encontra ainda aplicação nas diversas tipologias de edifícios, quer seja residencial, comercial ou outra. O tipo de uso de um espaço é um factor decisivo na definição dos requisitos exigenciais – inclusive na necessidade ou não de recurso a sistemas mecânicos – e do desempenho desejado mas, pelo facto deste estudo não fornecer classificações absolutas para cada tipo de material e sim um método de pensamento, os diferentes usos dos edifícios não constituem factores impeditivos da aplicação dos procedimentos propostos.

Os elementos construtivos onde estes procedimentos serão aplicados, quer seja uma parede interior, a caixilharia exterior ou o acabamento dado ao piso, foram seleccionados de acordo com o potencial que os mesmos apresentam em influenciar o conforto higrotérmico e higiene de um espaço. Estes elementos constituem então, as partes do edifício onde o projectista tem a oportunidade de, através de suas escolhas, mitigar o impacto dos materiais na qualidade do ambiente interior, não estando as restantes partes do edifício contempladas neste estudo.

#### *Etapas*

As etapas que constituem a metodologia que se propõe estão definidas a partir de uma sequência lógica de procedimentos, onde a anterior é pré-requisito da seguinte, isto é, onde a ordem de consideração conta:

*1ª Etapa* – Definição da função e dos requisitos de conforto e higiene do espaço ou edifício;

*2ª Etapa* – Aplicação do método de especificação de materiais;

*3ª Etapa* – Preenchimento das fichas de especificação. Identificação e registo das características dos materiais e produtos pré-seleccionados;

*4ª Etapa* – Selecção final.

#### *Resultado*

A aplicação do esquema de trabalho proposto apresenta como resultado a selecção de um grupo de materiais e técnicas e os seus respectivos dados técnicos, organizados em fichas de especificação, que irão servir de base para a selecção dos materiais a utilizar na construção de edifícios com níveis satisfatórios de conforto e higiene e um racional consumo de energia. Não será fornecida uma classificação final, um valor absoluto, mas sim informações que permitam uma avaliação qualitativa e a comparação de materiais com o mesmo uso. Através da análise das diversas fichas de especificação será possível perceber as vantagens e desvantagens da escolha de cada material para um uso específico. Além disto, com o conhecimento do impacto da selecção feita é possível ponderar, de acordo com as condições prioritárias inicialmente

definidas para um determinado projecto, quanto aos requisitos que estejam em conflito. De posse de todas estas indicações, cabe ao profissional responsável pelo processo a avaliação e a decisão final quanto ao conjunto de materiais a especificar.

## 5.2. REQUISITOS EXIGENCIAIS E ESTRATÉGIAS NO PROJECTO

A determinação dos requisitos de carácter técnico dos materiais e componentes que mais se devam ajustar ao edifício que se vai projectar depende, no caso específico deste estudo, das exigências humanas – conforto higrotérmico e saúde, sem esquecer os aspectos psicológicos, culturais e económicos – das condições climáticas e ambientais do local onde o edifício vai ser implantado, das actividades que se vão desenvolver em cada espaço e da tecnologia disponível para a aplicação, manutenção e substituição dos materiais. Estes aspectos constituem a base sobre a qual serão determinadas as condições de especificação de cada material (características de qualidade e de desempenho) e de sua aceitação com vista a criar condições de conforto e higiene nos edifícios com um consumo racional de energia.

Os materiais, enquanto constituintes dos elementos definidores dos espaços/edifícios, têm contributos abundantemente conhecidos no que refere aos aspectos estruturais, de controlo de ruído, de isolamento térmico, entre outros. O que se pretende realçar aqui é o contributo de cada material, face ao cumprimento de uma lista de requisitos, para o conforto e a qualidade do ar interior, mesmo antes de se considerar a intervenção de sistemas de apoio (aquecimento, arrefecimento, ventilação, etc.), que oneram o investimento inicial e a exploração e muitas vezes se apresentam como problemáticos no seu desempenho.

O desempenho de um material é entendido, nesta proposta, como o seu contributo para a qualidade do ambiente interior dado a partir de suas próprias características, assim como da sua aplicação, independentemente do comportamento dos ocupantes. Daí a necessidade de uma selecção consciente do material tendo em conta que um eventual compromisso poderá ser aconselhável ou possível se o espaço for ventilado de forma controlada (ventilação mecânica). A escolha de um determinado material que não se enquadre na classificação de 'não emissivo' pode se apresentar como adequada caso este seja aplicado em locais em que a taxa de ventilação seja suficiente para manter a higiene do espaço.

A seguida são apresentados os diversos requisitos considerados neste estudo. Não pretendendo ser completo, mas de modo a abordar os requisitos energéticos, de conforto e higiene de uma forma integrada, apresentam-se ainda outros aspectos que fazem parte do processo tradicional de especificação de materiais, como os aspectos funcionais e económicos, dentre outros. No caso dos requisitos energéticos, de conforto e higiene são apresentados ainda estratégias que, ao serem aplicadas, certamente irão contribuir para que os objectivos ambientais definidos sejam atingidos.

### 5.2.1. Função do espaço, aspectos sócio-culturais e emocionais

Uma vez que os requisitos exigenciais de conforto e higiene diferem conforme o uso do espaço, é essencial que se tenha clara a informação do tipo de uso do edifício e de cada espaço em particular. Informações como a densidade e padrão de ocupação, assim como o tipo de actividades desenvolvidas, que muitas vezes constituem fontes de poluição como fumar, cozinhar, fotocopiar, entre outras, são essenciais para uma adequada definição dos objectivos ambientais de um projecto.

Os aspectos sócio-culturais, nomeadamente no que se refere aos hábitos e modo de vida dos ocupantes, são ainda aspectos importantes a serem considerados, pois apesar de não representarem requisitos capazes de colocar em risco a sua saúde física e o seu conforto térmico, representam informações essenciais que irão servir de base não só à organização funcional dos espaços, como também à definição da linguagem arquitectónica mais adequada a um determinado contexto projectual.

Cada indivíduo, inserido na sua cultura, tem uma estrutura organizacional e uma compreensão do espaço distintas que foram apreendidas ao longo da sua vida (Hall, 1986). Este repertório individual, definido a partir da experiência de cada pessoa, serve então de base para o reconhecimento da linguagem formal/vivencial dos espaços. Esta identificação representa ainda um dos factores responsáveis pelo sentimento de pertença, de segurança e de afirmação emocional.

Estes aspectos de carácter abstracto e os efeitos emocionais e psicológicos provocados pelo espaço construído, são muitas vezes tratados de uma forma intuitiva e superficial ao longo de todo o processo de projecto. Apesar de representar uma matéria de importância dentro do contexto da qualidade do ambiente interior, não será aqui aprofundado uma vez que não se enquadra no objectivo deste estudo. Desta forma, a definição da função, dos aspectos sócio-culturais e emocionais do projecto apresenta-se aqui como uma etapa preliminar, um pré-requisito para a aplicação do método de especificação de materiais.

### 5.2.2 Ambiente e energia

Os requisitos energético-ambientais a que os edifícios devem satisfazer, numa análise ampla desta problemática, dizem respeito à parâmetros tais como 1) a energia incorporada no material, ao longo de todo o seu ciclo de vida, 2) energia consumida ao longo da vida útil do edifício (sistemas de climatização) e 3) o impacte ambiental local e global dos materiais, que por sua vez se relaciona à perda de habitat natural e da biodiversidade (Ordem dos Arquitectos, 2001).

Neste caso específico, pelo facto deste estudo estar restrito ao conforto higrotérmico e à qualidade do ar em espaços que não possuem sistemas de climatização, o impacte energético dos edifícios e dos materiais em particular, fica limitado à sua fase de utilização. Com isto as

questões acima relacionadas ficam reduzidas ao consumo energético ao longo da vida útil do edifício, sendo este o único requisito a ser aqui definido.

Ao nível da União Europeia, foi adoptada em 2002 uma medida legislativa, Directiva de Performance Energética (*Energy Performance Directive – EPD*), que requer dos estados membros uma série de acções quanto à eficiência energética dos edifícios, baseadas nos seguintes requisitos (ECA; 2003):

- a) Enquadramento geral para a metodologia de cálculo da performance energética integrada dos edifícios;
- b) A aplicação de requisitos mínimos de performance energética de novos edifícios;
- c) A aplicação de requisitos mínimos de performance energética de grandes edifícios existentes que são sujeitos a grandes alterações;
- d) Certificação energética dos edifícios;
- e) Inspeção regular das caldeiras e dos sistemas de ar condicionado de edifícios e a avaliação da instalação de aquecimento na qual as caldeiras têm mais de 15 anos.

Os requisitos acima listados, assim como este trabalho, referem-se ao consumo de energia ao longo do tempo de vida útil dos edifícios. Neste período a performance energética do edifício é então avaliada não só pela necessidade de energia para aquecimento e arrefecimento, como pelo desempenho dos sistemas de climatização. De uma forma mais detalhada, e ainda com base na Directiva de Performance Energética, estão definidos abaixo os aspectos que devem integrar o método de avaliação energética de um edifício:

- a) Características térmicas do edifício (envolvente, divisões interiores, etc.);
- b) Sistemas de aquecimento e de água quente, incluindo as características do seu isolamento;
- c) Sistema de ar condicionado;
- d) Ventilação;
- e) Sistema de iluminação (principalmente no sector não residencial);
- f) Localização e orientação dos edifícios, incluindo o clima do local;
- g) Sistemas solares passivos e protecção solar;
- h) Ventilação natural;

i) Condições do ambiente interior, incluindo as condições definidas no projecto.

Pode-se comprovar e reafirmar, a partir desta listagem, o papel de relevo da qualidade do projecto no desempenho energético dos edifícios. Enquanto a definição das questões relativas à localização e orientação dos edifícios, dos sistemas solares passivos, do sombreamento dos envidraçados e das condições para a utilização da ventilação natural apresentam-se como etapas preliminares neste estudo, as condições do ambiente interior, a partir das características dos materiais, é aqui requisito principal. O contributo dos materiais é assim dado pela sua adequada especificação segundo as suas características (termo-higrométricas e nível de emissão) e em função do espaço onde serão aplicados, vindo a reduzir, ou não, as necessidades energéticas para aquecimento, arrefecimento e higiene dos espaços.

#### *Requisitos exigenciais*

Os requisitos energéticos aqui apresentados referem-se àqueles estabelecidos no RCCTE, único regulamento existente em Portugal nesta matéria e onde estão definidos os valores de referência relativos ao consumo de energia em edifícios que não possuem sistemas de climatização ambiental. Estes valores dizem respeito à limitação das necessidades energéticas por estação de aquecimento e de arrefecimento, valor este definido a partir de uma condição predefinida de conforto e higiene. Assim, o valor das necessidades nominais de energia por metro quadrado de área útil de pavimento não deverá ser superior ao definido pelas expressões:

Na estação de aquecimento:

$$N_i = \frac{\{1,3 K_{fr} A_f + K_{hr} A_h + K_{env} A_{env} + 0,34 P_d\}}{A_p} (0,024) \cdot GD$$

Sendo:

$N_i$  as necessidades nominais de aquecimento;

$K_{fr}$  o coeficiente de transmissão térmica de referência da fachada;

$A_f$  a área da fachada;

$K_{hr}$  o coeficiente de transmissão térmica de referência do pavimento e da cobertura;

$A_h$  a área do piso e da cobertura;

$K_{env}$  o coeficiente de transmissão térmica de referência dos envidraçados;

$P_d$  o pé-direito

$GD$  o valor dos graus-dia de aquecimento;

$A_p$  a área do pavimento.

Na estação de arrefecimento:

$$N_v = \frac{0,36 (1,3\Delta T_f K_{fr} A_f + \Delta T_h K_{hr} A_h) + G_{ref} A_{env}}{A_p} \cdot M$$

Sendo:

$N_v$  as necessidades nominais de arrefecimento;

$\Delta T_f$  as diferenças efectivas de temperatura de referência;

$K_{fr}$  o coeficiente de transmissão térmica de referência da fachada;

$A_f$  a área da fachada;

$\Delta T_h$  as diferenças efectivas de temperatura de referência;

$K_{hr}$  o coeficiente de transmissão térmica de referência do piso e da cobertura;

$A_h$  a área do piso e da cobertura;

$G_{ref}$  os ganhos solares de referência;

$A_{env}$  a área dos envidraçados;

$A_p$  a área do pavimento;

$M$  a duração média da insolação local na estação de arrefecimento.

Estes valores são específicos para cada zona independente de um edifício e levam em consideração a sua localização e respectivas diferenças climáticas. Para se obter os resultados a estas expressões faz-se necessária a consulta ao RCCTE e aos valores de referência específicos, definidos neste documento, tendo em conta a zona climática em que o edifício se encontra.

#### *Estratégias*

A redução do consumo da energia necessária para se atingir as condições de conforto e higiene, e de acordo com a Directiva de Performance Energética (ver item 4.2.2), pode ser conseguida da seguinte forma:

- a) Escolher materiais com características térmicas adequadas à função do espaço;
- b) Utilizar sistemas passivos de desenho (aquecimento, arrefecimento e ventilação);
- c) Utilizar sistemas eficientes de aquecimento, arrefecimento e de ventilação;
- d) Utilizar fontes de energia renováveis tais como a energia solar, biomassa, energia eólica, entre outras;

No que toca ao projecto de arquitectura, os sistemas passivos apresentam-se como soluções 'obrigatórias' nos edifícios que se querem saudáveis e energeticamente eficientes. A especificação de materiais constitui ainda uma parte integrante dos sistemas passivos, na medida em que o desempenho destes sistemas é afectado pela adequada especificação dos materiais.

Desta forma, faz-se necessária a listagem mais detalhada das estratégias que compõem estes sistemas:

- a) Promover ganhos solares no inverno;
- b) Restringir os ganhos solares no verão;
- c) Restringir trocas de calor por condução;
- d) Promover inércia forte;
- e) Controlar a infiltração;
- f) Utilizar a ventilação natural – arrefecimento, fornecimento de ar novo, remoção e diluição de poluentes;
- g) Controlar as emissões na fonte – Seleccionar materiais e técnicas com baixo nível de emissões;
- h) Controlar a qualidade do material – Escolher materiais adequados ao uso e de qualidade certificada.

Para que seja possível a aplicação das estratégias acima listadas é necessário que alguns procedimentos sejam seguidos para a optimização dos seus resultados. As estratégias abaixo, por não estarem directamente relacionadas à especificação de materiais e técnicas construtivas, são aqui consideradas como pré-requisitos essenciais, conforme já referido anteriormente, para que possa atingir os resultados satisfatórios no que refere ao desempenho térmico e de qualidade do ar dos espaços e com isto reduzir o consumo de energia na utilização de sistemas mecânicos de climatização:

- a) Definir a localização, orientação e forma do edifício de modo a reduzir as cargas térmicas e de humidade do exterior e a optimizar a aplicação de estratégias solares passivas e de ventilação natural;
- b) Definir as dimensões e localização dos envidraçados de forma a optimizar a aplicação de estratégias solares passivas e de ventilação natural tendo em atenção os requisitos inerentes às funções dos espaços;
- c) Ter em atenção a localização das aberturas exteriores de forma a evitar a eventual entrada de ar exterior com baixa qualidade;
- d) Organizar os espaços de modo a impedir a transferência de poluição entre eles.

### 5.2.3 Conforto higrotérmico

#### *Requisitos exigenciais*

Os requisitos exigenciais de conforto higrotérmico a que os espaços interiores devem satisfazer, de acordo com esta proposta, refere-se apenas àqueles espaços em que esteja prevista a ocupação humana. Nos locais em que a permanência de pessoas não esteja prevista, como por exemplo arrecadações, garagens, entre outros, esses requisitos de conforto atingem valores muito reduzidos, não estando estes casos contemplados neste item.

Conforme já referido no item 3.3.1. são quatro os parâmetros do ambiente interior que interferem nas condições de conforto higrotérmico das pessoas:

- 1) Temperatura do ar;
- 2) Humidade relativa do ar;
- 3) Temperatura radiante média;
- 4) Velocidade do ar.

Nas situações em que não esteja prevista a utilização de sistemas mecânicos de controlo ambiental, como é o caso deste estudo, os requisitos relativos à grande parte dos parâmetros acima relacionados não estão definidos. Excepção feita à temperatura do ar em que estão disponíveis valores exigenciais, entre outras fontes de informação, no RCCTE. No caso da velocidade do ar existe apenas algumas recomendações apresentadas em publicações sobre a matéria.

No caso específico da temperatura do ar, a definição dos requisitos de conforto higrotérmico para um espaço/edifício teria como situação ideal a utilização dos dados das normais climatológicas da região onde o edifício será implantado. Em muitas situações reais estes dados não estão disponíveis, muitas vezes pelo facto de não haver uma estação meteorológica no local. Com isto, neste estudo utiliza-se as informações que constam do RCCTE, uma vez que este instrumento legal já está a ser utilizado como referência para o cálculo dos requisitos energéticos. Neste documento são definidos valores de referência quanto ao conforto térmico dos edifícios. Estes valores são definidos por defeito e estão convencionados como condições de conforto:

TEMPERATURA INTERIOR	VALORES EM °C
Temperatura interior mínima	18 (estação de aquecimento)
Temperatura interior máxima	25 (estação de arrefecimento)

Quadro 1: Temperatura do ar interior convencionadas no RCCTE



No caso da velocidade do ar e de acordo com uma publicação da Ordem dos Arquitectos a nível Europeu (Ordem dos Arquitectos) recomenda-se os seguintes valores:

VELOCIDADE DO AR	VALORES EM M/S
Velocidade do ar no inverno	0,1 a 0,15
Velocidade do ar no verão	0,25

Quadro 2: Velocidade do ar máxima de conforto (segundo Ordem dos Arquitectos, 2001)

### *Estratégias*

As condições de conforto de um ambiente estão directamente relacionadas às condições climáticas do exterior. A envolvente do edifício toma aqui um papel fundamental na medida em que modifica o meio natural exterior e equilibra os ganhos e perdas de calor. Neste balanço termo-higrométrico entre os ambientes interior e exterior e no caso específico da temperatura do ar, desempenham papel preponderante duas características da construção: 1) o isolamento térmico da sua envolvente e a sua 2) inércia térmica interior.

Em países de clima temperado, como é o caso de Portugal, em que as variações sazonais e diárias são bem acentuadas, a constituição das paredes da envolvente devem ser de forma a dificultar as transferências de calor, conseguida com a aplicação do isolamento térmico, além de atrasar os seus ganhos através da inércia térmica do material atrasando os picos de temperatura (Olgyay, 1973; Ordem dos Arquitectos, 2001).

Na escolha de materiais para a envolvente dos edifícios deve-se ter em atenção o seu coeficiente de transmissão térmica e do factor solar no caso dos envidraçados. Quanto mais baixo forem o coeficiente de transmissão térmica e o factor solar, menor será a quantidade de calor transferida e melhor será o efeito do isolamento térmico. Note-se ainda que o coeficiente de transmissão térmica, nos casos dos elementos opacos, depende das características do material sendo normalmente elevada para materiais densos e crescendo com o teor de humidade para o mesmo material (Canha da Piedade et al, 2003).

Quanto à caracterização da inércia térmica e de acordo com o Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), esta pode ser considerada a partir da quantificação da massa superficial útil de cada elemento. A 'grosso modo' pode-se dizer que quanto mais 'pesado' é o edifício mais amortecida e desfasada é a onda de calor que é transmitida do exterior, sendo a massa da construção um índice de inércia térmica.

A humidade como parâmetro de conforto de um espaço, apesar de não ter um valor definido como requisito de conforto em casos de edifícios naturalmente ventilados, poderá ser

equilibrada a partir da escolha de materiais permeáveis ao vapor d'água, de modo a permitir o edifício respirar. A barreira de vapor apresenta-se ainda como uma estratégia eficaz a acrescentar à primeira.

A temperatura de superfície, por sua vez, também é influenciada pelo coeficiente de transmissão térmica dos materiais da envolvente e do factor solar dos envidraçados, pelos motivos já expostos acima. A emissividade (radiação de calor) dos materiais é ainda outro factor decisivo nas condições de conforto dadas pelas assimetrias de temperatura, na medida em que proporciona superfícies percebidas como 'quentes' ou 'frias' pelos ocupantes. Quanto mais emissivo é um material, mais desconforto causa nos ocupantes.

A ventilação é ainda uma estratégia importante no conforto e higiene dos espaços. A velocidade do ar deve contudo ser controlada evitando correntes de ar ao nível dos ocupantes. Para isto pode-se definir uma estratégia de ventilação através de janelas basculantes ao nível superior das portas, de modo a permitir a desejada ventilação e não causar desconforto. Deve-se ainda ter em atenção à direcção do movimento de ar para que este não seja o meio de transmissão de poluentes dos espaços onde estes são gerados, como é o caso das cozinhas, instalações sanitárias, para outros onde há permanência de pessoas.

#### **5.2.4. Qualidade do ar**

##### *Requisitos exigenciais*

Os requisitos exigenciais tendem a integrar normas e regulamentos. No entanto, como é o caso dos requisitos relativos às emissões dos materiais, o facto de ser uma área do conhecimento ainda recente, a sua normalização ou regulamentação nem sempre existe. Dentro do leque dos regulamentos que se aplicam na construção em Portugal, têm reflexo na qualidade do ar aqueles que interferem com os requisitos exigenciais e com o desempenho em termos de eficiência energética:

- RCCTE
- RSECE (sistemas de aquecimento)
- RGEU

No caso do RCCTE, a qualidade do ar é timidamente referida através da definição da taxa de renovação de ar, fixada em 1 renovação de ar por hora e que consta da folha de cálculo FCIV.1d (Cálculo das necessidades nominais específicas de aquecimento devidas à renovação do ar).

Quanto ao RSECE, este define os caudais de ar novo por ocupante e para cada tipo de espaço, de acordo com a sua utilização. No quadro 3 pode-se verificar os valores definidos neste regulamento.

No caso do RGEU e por tratar de um regulamento prescritivo, conforme referido anteriormente, não há qualquer definição em relação aos requisitos de qualidade do ar, quer ao nível do caudal de ar novo por ocupante, quer quanto à taxa de renovação de ar ou ao nível de emissão admissível por cada poluente. Este regulamento faz apenas algumas exigências ao nível da construção, como por exemplo a aplicação de um revestimento impermeável, nos paramentos exteriores, em compartimentos enterrados, de modo a evitar a humidade no interior das habitações.

Mais complexa é a definição de valores relativos às emissões de poluentes. Por ser uma matéria ainda recente, como referido acima, ainda não há resultados conclusivos em relação aos níveis de poluição admissíveis, principalmente por serem ainda desconhecidos os efeitos sinérgicos da mistura dos poluentes. Com isto, os resultados existentes quanto à esta matéria referem apenas o nível de emissão admissível para um poluente isoladamente.

TIPO DE ACTIVIDADE	M <sup>3</sup> /H. OCUPANTE
<b>Residencial</b>	
Salas de estar, quartos	30
<b>Comercial</b>	
Salas de espera	30
Lojas de comércio	20
Áreas de armazenamento	20
Vestiários	20
Armazéns	20
Supermercados	30
<b>Serviços de refeições</b>	
Salas de refeições	35
Cafetarias	35
Bares, salas de cocktail	35
Sala de preparação de refeições	30
<b>Hotéis</b>	
Quartos / suites	30
Corredores / átrios	30
<b>Teatros</b>	
Corredores / átrios	35
Auditórios	30
Zona do palco, estúdios	30
<b>Serviços</b>	
Gabinetes	35
Salas de conferências	35
Salas de assembleia	30
Salas de desenho	30
Consultório médico	35
Salas de recepção	30
Salas de computador	30
<b>Escolas</b>	
Salas de aula	30
Laboratórios	35
Auditórios	30
Bibliotecas	30
Bares	35
<b>Hospitais</b>	
Quartos	45
Áreas de recuperação	30
Áreas de terapia	30

Quadro 3: Caudal de ar novo por ocupante

Fonte: RSECE

Em Portugal ainda não existe nenhum regulamento que defina os níveis de emissão de poluentes admissíveis. Desta forma, para a definição deste requisito foi considerado como fonte de informação o relatório dos resultados do projecto INDEX, projecto este coordenado e desenvolvido pelo JRC (*Joint Research Center* – Ispra – Itália), instituição europeia de reconhecida idoneidade. Este relatório classifica os poluentes, conforme o impacte na saúde, em poluentes de baixa prioridade e de alta prioridade.

No caso dos níveis de emissão e o seu risco para a saúde, não só é necessário o conhecimento dos dados relativos aos níveis de emissão aceitáveis, mas também o tempo de exposição ao poluente a partir do qual este tem efeitos prejudiciais à saúde dos ocupantes. Segue então abaixo a relação dos poluentes considerados de alta prioridade, o nível de emissão admissíveis e o respectivo tempo de exposição para os quais não se prevê efeitos nocivos:

#### POLUENTES QUÍMICOS

POLUENTE QUIMICO	VALORES MÁXIMOS
Formaldeído	30µg/m <sup>3</sup> (30 minutos)
Dióxido de azoto	40µg/m <sup>3</sup> (1 semana)
Monóxido de Carbono	30mg/m <sup>3</sup> (1 hora) ou 10mg/m <sup>3</sup> (1 semana)
Benzeno	Não há um valor definido, sendo aconselhável que a sua concentração seja a mais baixa possível
Naftaleno	10µg/m <sup>3</sup> (não está definido o tempo de exposição limite)

Quadro 4: Valores de poluentes químicos máximos admissíveis

Fonte: INDEX Project, 2004

#### PARTÍCULAS EM SUSPENSÃO

PARTÍCULAS EM SUSPENSÃO	VALORES MÁXIMOS
Respiráveis (PM2.5)	0,06mg/m <sup>3</sup> (24h)
Inaláveis (PM10)	0,15 mg/m <sup>3</sup> (24h)

Quadro 5: Valores de partículas em suspensão máximos admissíveis (segundo US EPA, 1996)

Fonte: ISIAQ, 2004

*Estratégias*

O relatório INDEX referido anteriormente define ainda algumas estratégias a aplicar com o intuito de proteger os ocupantes em geral sem com isto ter a pretensão de proteger as pessoas mais sensíveis em todas as condições de exposição aos poluentes (Projecto INDEX, 2004). Com base nestas recomendações relaciona-se abaixo algumas estratégias para se atingir os níveis definidos para a qualidade do ar interior:

- a) Aplicar as estratégias de ventilação natural e as taxas de ventilação adequadas de acordo com as características do espaço (número de ocupantes, actividade desenvolvida e nível de emissão de poluentes);
- b) Evitar a construção de garagens junto às habitações. Isolar as garagens das áreas de permanência de pessoas através do fechamento de portas de comunicação e da selagem da estrutura;
- c) Respeitar, na escolha dos materiais e produtos aplicados na construção e dos produtos utilizados na manutenção dos edifícios, o nível máximo de emissões definidas no item anterior de acordo com cada poluente e seu tempo de exposição. Tanto quanto possível reduzir estas emissões para o mínimo;
- d) Escolher materiais permeáveis ao ar e ao vapor d'água;
- e) Escolher materiais com a resistência à humidade adequada;
- f) Escolher materiais limpos: materiais certificados, com declaração ou testados.

**5.2.5. Aplicação, manutenção e substituição dos materiais**

Os requisitos de aplicação, manutenção e substituição dos materiais estão intimamente relacionados à qualidade do ar dos espaços. Ao ser seleccionado um material, indirectamente está a ser escolhido também os produtos que serão utilizados na sua aplicação, na sua manutenção e substituição. Os produtos de limpeza constituem, com alguma frequência, fonte de poluição por apresentar compostos altamente nocivos à saúde. O mesmo acontece com os produtos utilizados na aplicação e substituição dos materiais. Por este motivo é aconselhável ter-se em atenção, na especificação de um material, todos os produtos envolvidos ao longo do seu tempo de vida útil.

É de salientar ainda que as constantes substituições dos materiais, mesmo que estes apresentem níveis aceitáveis de emissão, devem ser evitadas. O pico das emissões é verificado aquando da aplicação do material, sendo que as frequentes substituições, por motivos estéticos ou de baixa qualidade do material, podem contribuir para a baixa qualidade do ar interior. Por este motivo é ainda aconselhável aumentar a taxa de renovação do ar durante os procedimentos de aplicação, manutenção e substituição do material.

Outro aspecto ainda a considerar diz respeito às técnicas utilizadas nestes processos. O mau uso das técnicas adequadas, seja de aplicação, de manutenção ou substituição dos materiais podem ocasionar problemas quanto à sua conservação e durabilidade. O assentamento incorrecto de um caixilho de alumínio numa janela exterior pode, por exemplo, ter efeitos prejudiciais na madeira aplicada no peitoril, danificando o material e levando à sua substituição.

Em resumo:

- Os produtos utilizados na aplicação, manutenção e substituição dos materiais devem satisfazer o nível de emissão máximo admissível definido no item anterior;
- A taxa de ventilação deve ser aumentada quando da aplicação dos produtos;
- Deve-se evitar a constante substituição do material, principalmente nos casos em que este apresentar, na sua composição, algum dos poluentes considerados como de grande impacte na saúde (aqueles referidos no item anterior);
- Deve-se ter atenção e cuidado na aplicação das técnicas adequadas ao respectivo procedimento de modo a que estas não danifiquem os materiais.

## 5.2.6. Quadros sínteses – Requisitos / Estratégias

	PARÂMETROS	REQUISITOS	ESTRATÉGIAS NO PROJECTO
RCCTE	$N_I^1$	$N_I < N_{IC}$ (segundo a localização)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar soluções da envolvente que propiciem o isolamento térmico adequado (segundo valores de referência do RCCTE);</li> <li>• Tratar as pontes térmicas;</li> <li>• Evitar perdas de calor excessivas através dos envidraçados (cuidado no seu dimensionamento).</li> </ul>
	$N_V^2$	$N_V < N_{VC}$ (segundo a localização)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar soluções da envolvente que propiciem o isolamento térmico adequado (segundo valores de referência do RCCTE);</li> <li>• Tratar as pontes térmicas;</li> <li>• Evitar perdas de calor excessivas através dos envidraçados;</li> <li>• Aplicar materiais de cor clara na cobertura;</li> <li>• Promover inércia média ou forte (conforme localização / zona climática);</li> <li>• Evitar os ganhos de calor excessivas através dos envidraçados (o factor solar dos envidraçados devem responder às exigências do RCCTE).</li> </ul>
RSECE	Qualidade do ar	Taxa de renovação do ar (segundo o tipo de actividade e número de ocupantes – ver quadro 3)	– <sup>3</sup>
RGEU	Humidade	– <sup>4</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impermeabilizar paredes, pavimentos de andares térreos e coberturas;</li> <li>• Revestir de materiais impermeáveis as paredes e pavimentos de compartimentos cujas actividades sejam emissivas de vapor d'água (casas de banho, cozinha, etc.).</li> </ul>
	Afastamento entre edifícios	– <sup>5</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir os afastamentos entre edifícios de modo evitar as obstruções à incidência directa da luz solar e permitir a aplicação de estratégias passivas de ventilação.</li> </ul>

Quadro 6: Requisitos normativos

<sup>1</sup>  $N_I$  - necessidades nominais de aquecimento.<sup>2</sup>  $N_V$  – necessidades nominais de arrefecimento.<sup>3</sup> O RSECE é o único regulamento em vigor em Portugal que define a taxa de renovação de ar com vista a uma boa qualidade do ar. Contudo, por serem estes requisitos a serem respondidos pelos sistemas de climatização, não há referência no RCCTE a estratégias a aplicar no projecto.<sup>4</sup> O RGEU, por ser um regulamento prescritivo, não apresenta valores de desempenho.<sup>5</sup> Ver situações específicas no RGEU, PDM e Regulamento Municipal do concelho em questão.



PARÂMETROS	REQUISITOS	ESTRATÉGIAS NO PROJECTO
Temperatura do ar	Tar > 18°C (Inverno) Tar < 25°C (Verão)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover o isolamento térmico da envolvente;</li> <li>• Promover inércia térmica média ou forte;</li> <li>• Evitar infiltrações.</li> </ul>
Humidade do ar	– <sup>1</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar materiais permeáveis ao ar e ao vapor d'água;</li> <li>• Criar barreira de vapor.</li> </ul>
Temperatura de superfície / assimetria térmica	– <sup>1</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover o isolamento térmico da envolvente através materiais com baixo coeficiente de transmissão térmica (vidros duplos, etc.);</li> <li>• Aplicar materiais cujo índice de emissividade (radiação térmica) seja alto, principalmente em superfícies em que haja proximidade e permanência de pessoas.</li> </ul>
Velocidade do ar	v ≤ 0,1m/s (inverno) v ≤ 0,25m/s (verão)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlar as correntes de ar.</li> </ul>
Qualidade do ar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• baixa emissão (ver quadro 4 e 5)</li> <li>• taxa de renovação de ar (ver quadro 3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especificar materiais certificados ou com declaração;</li> <li>• Especificar materiais permeáveis ao ar e ao vapor d'água.</li> </ul>
Gestão de energia	– <sup>1</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar meios passivos de aquecimento e arrefecimento dos espaços (promover ganhos solares no inverno, evitar ganhos solares no verão, restringir trocas de calor por condução, promover inércia média ou forte);</li> <li>• Aplicar meios de ventilação natural.</li> </ul>

Quadro 7: Requisitos exigenciais

<sup>1</sup> Não há um valor definido em casos de edifícios que não possuem sistemas de climatização.

### 5.3. O MÉTODO DE ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS

A partir da definição dos requisitos exigenciais e tendo como base as estratégias que estão sintetizadas no quadro 7, propõe-se a aplicação de um método de especificação de materiais que facilite a aplicação das estratégias apresentadas atingindo mais facilmente os objectivos ambientais definidos.

O processo de especificação de materiais proposto apresenta-se como sendo uma estrutura procedimental, onde através da apresentação de uma série de etapas é dada uma visão abrangente de toda uma gama de aspectos a considerar na selecção do material e da técnica a utilizar na sua aplicação e manutenção. Em cada etapa é apresentada a estratégia mais adequada (dentre aquelas já definidas) para se atingir o objectivo desejado (requisitos exigenciais). Caso não seja possível optar por esta estratégia, por questões económicas ou outras, é apresentada uma opção alternativa, não preferencial, com o intuito de mitigar o impacto desta mesma escolha. Algumas considerações são ainda apresentadas (junto a cada estratégia e quando necessário) de modo a fornecer dados complementares que certamente serão úteis ao longo do processo de selecção do material. O cumprimento das diversas etapas leva a um resultado final (a nível qualitativo) que indica a probabilidade de se atingir ou não, o objectivo desejado: a qualidade do ambiente interior com um consumo energético racional.

Contrariamente à estrutura da metodologia de especificação de materiais apresentada inicialmente, a sequência de etapas definida neste método é bastante flexível, podendo ser alterada a ordem das diversas etapas sem prejuízo do resultado final. Na verdade estas etapas nada mais são do que a compilação organizada dos diversos aspectos que deverão ser tidos em conta no processo de especificação de um material, o que faz com que a ordem com que estes parâmetros são verificados não altere em nada o resultado final.

Este estudo apresenta ainda uma primeira fase em que é listada uma série de procedimentos a cumprir em fase anterior à aplicação do presente método. Estes procedimentos, já definidos anteriormente, constituem as etapas preliminares e pretendem a listagem dos principais objectivos/condicionalismos do projecto (função do edifício, aspectos sócio-culturais, locais, entre outros), assim como das estratégias que visam otimizar a utilização de tecnologias de baixo consumo energético na criação de espaços interiores confortáveis e saudáveis.

O método proposto, assim como as etapas preliminares são apresentados nos quadros 8 e 9.

ETAPAS PRELIMINARES	OBSERVAÇÕES
Identificar os condicionalismos do local / terreno	<p>Clima;</p> <p>Disposições legais (PDM e / ou outra aplicável como RAN e REN);</p> <p>Forma e área do terreno;</p> <p>Acessos;</p> <p>Topografia;</p> <p>Elementos naturais (cursos d'água, massas arbóreas, etc.);</p> <p>Construções envolventes (obstáculos à luz).</p>
Definir a função do espaço	<p>Há que identificar, dentro de um mesmo edifício, as várias funções a que correspondem a requisitos e estratégias específicas;</p> <p>A função do espaço tais como teatro e hotel de cinco estrelas pode exigir, à priori, a utilização de equipamentos de condicionamento ambiental.</p>
Identificar os aspectos culturais	A identificação das características culturais, nomeadamente dos hábitos e modo de vida dos ocupantes, é fundamental na determinação, organização e dimensionamento dos espaços.
Definir o carácter a ser dado ao espaço e os efeitos emocionais e psicológicos pretendidos	A definição destes aspectos determinam a forma e os materiais a utilizar. A iluminação será ainda determinante na criação da ambientação pretendida.
Definir a localização, orientação e forma do edifício	<p>Uma escolha adequada da forma e da implantação do edifício pode reduzir as cargas térmicas e de humidade do exterior, reduzindo assim os consumos de energia para aquecimento e arrefecimento (optimização da aplicação de estratégias solares passivas e de ventilação);</p> <p>Os edifícios orientados a sul causam menos problemas de sobreaquecimento do que aqueles orientados a este ou a oeste.</p>
Organizar os espaços interiores tendo em atenção a higiene dos espaços	Evitar a transferência inter-espaços de poluição provenientes de espaços cujas actividades são fontes poluentes (garagem, casas de banho, cozinha, etc.)
Definir as dimensões e localização dos envidraçados	<p>A definição adequada quanto à dimensão e localização dos vãos envidraçados optimiza a aplicação de estratégias solares passivas e de ventilação natural, mitigando o consumo de energia para aquecimento e arrefecimento dos espaços;</p> <p>Há que ter atenção aos requisitos de conforto térmico e de qualidade do ar dependendo da função do espaço;</p> <p>Prever sombreamento dos envidraçados no verão;</p> <p>Ter em atenção a localização dos vãos exteriores de forma a evitar a eventual entrada de ar exterior com baixa qualidade.</p>

Quadro 8: Método de especificação de materiais – Etapas preliminares

	ESTRATÉGIAS	ALTERNATIVAS / OBSERVAÇÕES
Barreira ao exterior	Restringir trocas de calor por condução	É aconselhável a escolha de materiais da envolvente com um baixo coeficiente de transmissão térmica. O tratamento das pontes térmicas deve ainda ser considerado.
	Controlar infiltração	
	Evitar ganhos solares no verão	Prever o sombreamento dos envidraçados na estação de arrefecimento.
	Promover ganhos solares no inverno	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Dar preferência à exposição sul aos espaços onde há permanência de pessoas;</li> <li>– Caso não seja possível obter ganhos de calor através dos envidraçados, deverá haver uma especial atenção à classe de inércia térmica interior, de modo a permitir o aquecimento do espaço sem grande dispêndio de energia.</li> </ul>
Controlo do ambiente interior e do desempenho energético – ambiental	Promover inércia média ou forte	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Consultar o RCCTE para obter valores de massa superficial que correspondem a esta classe de inércia;</li> <li>– Na definição da inércia térmica interior devem ser consideradas a carga térmica do espaço e a necessidade de resposta lenta ou rápida de acordo com o padrão de ocupação.</li> </ul>
	Assegurar nível de ventilação adequada	<ul style="list-style-type: none"> <li>– A taxa de ventilação deve ser definida de acordo com as fontes de poluição e com a utilização do espaço.</li> <li>– O sistema híbrido de ventilação apresenta-se como uma boa alternativa.</li> </ul>

ESTRATÉGIAS	ALTERNATIVAS / OBSERVAÇÕES
Seleccionar materiais resistentes e duráveis	<p>– A frequente substituição do material eleva os níveis de poluição interior. Atenção ainda quanto a necessidade de substituições devido a questões estéticas, da moda;</p> <p>– Evitar materiais que necessitem de manutenção periódica</p> <p>E</p> <p>Assegurar que o nível de emissões do material de substituição e dos produtos utilizados na sua aplicação seja o mais baixo possível;</p> <p>– O nível de emissões de um material e dos seus produtos de acabamento e/ou assentamento apresenta o seu valor máximo aquando de sua aplicação;</p>
Seleccionar materiais com um comportamento à água adequado à sua função	<p>– A absorção de água pelos materiais aumenta a probabilidade de sua degradação e o risco de formação de bolor;</p> <p>– O nível de humidade do material aumenta a sua condutibilidade térmica.</p>
Seleccionar materiais de revestimento permeáveis ao ar e ao vapor d'água	A transpiração do edifício regula o teor de humidade interior
Seleccionar materiais e técnicas de construção, revestimento e limpeza baixo emissivas	<p>– Aplicar o material em locais onde a permanência de pessoas não seja prolongada</p> <p>OU</p> <p>Em locais com alta taxa de ventilação</p> <p>– Caso o aumento da taxa de ventilação seja conseguido através de ventilação mecânica haverá um acréscimo no consumo energético</p>

Quadro 9: Método de especificação de materiais

#### 5.4. FICHAS DE ESPECIFICAÇÃO DE COMPONENTES E MATERIAIS

De forma a produzir um documento que seja familiar aos profissionais responsáveis pela especificação de materiais, foram criadas fichas cuja informação é semelhante àquelas que constam dos catálogos técnicos que acompanham os diversos materiais e produtos utilizados na construção. Estas fichas são portanto, organizados de acordo com os componentes da construção, nomeadamente estrutura, cobertura, fachadas, etc. Estes componentes serão subdivididas em elementos técnicos (janelas, paredes interiores, tecto falso, etc.) que por sua vez são constituídos por materiais.

Os elementos da construção incluídos nas fichas de especificação de materiais cobrem aquelas partes do edifício onde o projectista tem a oportunidade de, através da especificação de adequados materiais de construção, mitigação do impacte destes na qualidade do ambiente interior (Anderson, 2002). Aqueles acessórios ou outros materiais que, pela reduzida área que apresentam em relação ao total de superfícies do espaço, também não estão contemplados nas fichas, uma vez que não são relevantes para o desempenho final do ambiente interior.

Conforme já referido anteriormente, para uma mais completa caracterização do desempenho de um material é necessário não só dados relativos ao material em si, mas também em relação à forma como este material é aplicado, a tecnologia utilizada e os produtos de assentamento e/ou acabamento, quando necessário, além dos procedimentos a utilizar na sua limpeza e manutenção (Piardi et al, 1995). Alguns materiais já possuem, nos seus catálogos técnicos, informações sobre a sua correcta manutenção. Nos casos em que esta informação não esteja disponível, haverá referência, a este procedimento, na área reservada às observações. Os cadernos de encargos, como já acontece actualmente, serão os responsáveis por introduzir, na sua documentação, os procedimentos adequados para a correcta aplicação dos materiais.

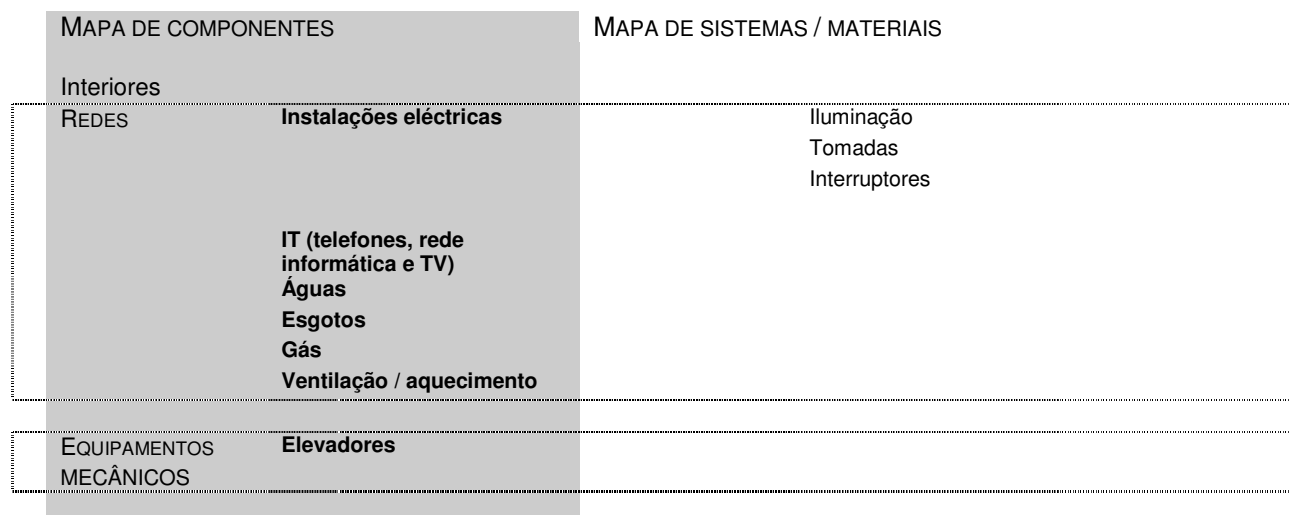
De forma a preencher os diversos campos que constam da ficha deverão ser reunidos dados através da consulta a fontes comerciais, técnicas e científicas de informação.

Não é apresentada portanto, uma classificação do desempenho do material, pelos motivos já expostos anteriormente, mas é fornecida informação suficiente para a avaliação da adequação da escolha de cada material para um uso específico. Cabe assim, ao profissional responsável a decisão de utilização de um material ou outro em uma situação específica, tendo em mente todos as condições expostas (Piardi et al, 1995).

MAPA DE COMPONENTES			MAPA DE SISTEMAS / MATERIAIS			
Envolvente	ESTRUTURA	Fundações		Betão armado		
		Lajes de piso	Sobre espaço interior não aquecido	Pavimento	Revestimento de piso	
					Betonilha de regularização Laje maciça Isolamento térmico Revestimento de tecto	
			Sobre espaço interior aquecido	Pavimento	Revestimento de piso	
					Betonilha de regularização Laje maciça Revestimento de tecto	
		Pilares e Vigas		Betão armado		
		Cobertura	Não visitável	Cobertura invertida	Camada de protecção	
					Isolamento térmico Impermeabilização Camada de forma Laje maciça	
		Visitável, em terraço		Cobertura	Revestimento de piso	
					Impermeabilização Camada de forma Isolamento térmico Laje maciça Revestimento de tecto	
FACHADA	Paredes opacas		Revestimento exterior			
			Alvenaria Acabamento interior			
Vãos		abrir/correr/fixos oscilobatentes	Sombreamento			
			Janela	Vidro duplo	Perfil Ferragens Puxadores / Muleta Vedantes	
				Caixilharia		
				Peitoril Soleira		
Varandas			Guarda	Varão		
				Ferragens		
			Pavimento	Revestimento de piso		
				Betonilha de regularização Impermeabilização Camada de forma Isolamento térmico Laje maciça		
			Sombreamento			

MAPA DE COMPONENTES		MAPA DE SISTEMAS / MATERIAIS	
Interiores			
PAREDES	Opacas	Paredes divisórias	Acabamento Revestimento Alvenaria Rodapé
	Vãos	porta batente	Folha Acabamento Aduelas
		porta de correr	Folha Estrutura Aduelas Acabamento
		passa-pratos	Aros Tampo de balcão Acabamento
	ESCADAS		Revestimento Laje Acabamento inferior Corrimão Ferragens
EQUIPAMENTOS	Cozinhas	Armários	Estrutura Ferragens Puxadores
		Electrodomésticos Lava-loica Torneiras Ventilação	
	Casa de banho	Equipamento sanitário Torneiras Ventilação Seca-toalhas	
	Quartos	Roupeiros	Estrutura Ferragens Puxadores





Quadro 10: Mapa tipo de componentes / materiais

## FICHA DE COMPONENTES

FICHA DE COMPONENTES					
Tipologia de Edifício					
Categoria					
Componente					
Constituição					
	Material	Espessura (m)	Condutibilidade térmica – λ (W/m2.°C)	Coefficiente de transmissão térmica – K (W/m2.°C)	Certificação do Material
Especificação					
Características					
Observações					

### Ficha 1: Ficha tipo de componentes

# 6.

## CASO DE ESTUDO

### 6.1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

O objectivo deste trabalho, conforme mencionado nos capítulos anteriores, é a criação de uma metodologia de especificação de materiais tendo como meta a concepção de espaços saudáveis e confortáveis com um consumo racional de energia. Etapas preliminares à especificação dos materiais devem ser desenvolvidas de forma a criar as condições necessárias para se atingir tal meta. Neste item pretende-se então a descrição do caso de estudo e destas etapas consideradas pré-requisitos e que fazem parte do processo projectual tradicional, aquele mais utilizado actualmente, como a análise dos aspectos económicos, funcionais, culturais, psicológicos, estéticos e de integração na envolvente. Os aspectos relacionados com a implantação e forma do edifício e que interferem nos ganhos e perdas de calor e como consequência no consumo energético para o conforto e higiene dos espaços, são ainda considerados pré-requisitos.

Não pretendendo ser exaustiva a descrição de todos estes aspectos nem tendo como pretensão uma apresentação detalhada do programa base ou de todas as estratégias passivas utilizadas, por não ser este o objectivo deste trabalho, apresenta-se abaixo uma descrição

sucinta dos aspectos que estão na base da concepção deste projecto/caso de estudo. Pretende-se apenas dar uma visão ampla dos parâmetros mais relevantes e que foram definidores da proposta conceptual e formal que se apresenta.

#### *Objecto / Função*

Trata o presente projecto, objecto deste estudo, de uma residência assistida para pessoas da terceira idade, mais usualmente conhecida por lar de idosos. O projecto de arquitectura encontra-se ainda em fase de estudo prévio, em que a concepção base e estratégias ambientais estão delineadas sem contudo ter a forma final completamente definida. O projecto será elaborado posteriormente e tendo como base o resultado da conjugação de todas as escolhas/decisões tomadas a partir da aplicação da metodologia aqui apresentada.

A escolha deste projecto como caso de estudo deve-se principalmente ao facto de ser um projecto real, em que a possibilidade de desenvolvimento da metodologia agora proposta ao longo do processo projectual se mostrava como sendo o procedimento mais eficaz. As dificuldades surgidas ao longo do processo foram os elementos norteadores na busca de respostas adequadas, e fundamentais na estruturação de todas as informações e na sua organização em forma de um método.

A tipologia foi ainda factor importante na escolha deste objecto, por tratar de um edifício em que os seus ocupantes, pessoas sensíveis às questões do conforto e da saúde, requerem condições especiais de ocupação.

O local, o programa e os objectivos dos clientes apresentavam ainda a perspectiva de uma grande liberdade projectual, em que os condicionantes nada mais eram do que elementos de estímulo, criando uma condição ideal para o desenvolvimento deste trabalho.

#### *Local*

Uma antiga quinta de recreio, localizada a 500 m a sul do mosteiro de Santa Maria da Vitória é o cenário deste projecto. Localiza-se numa zona com uma baixa densidade de ocupação (prioritariamente de uso habitacional) e próxima ao centro histórico da vila da Batalha. Possui ainda um bom acesso de veículos através de um arruamento público com um trânsito bastante reduzido,

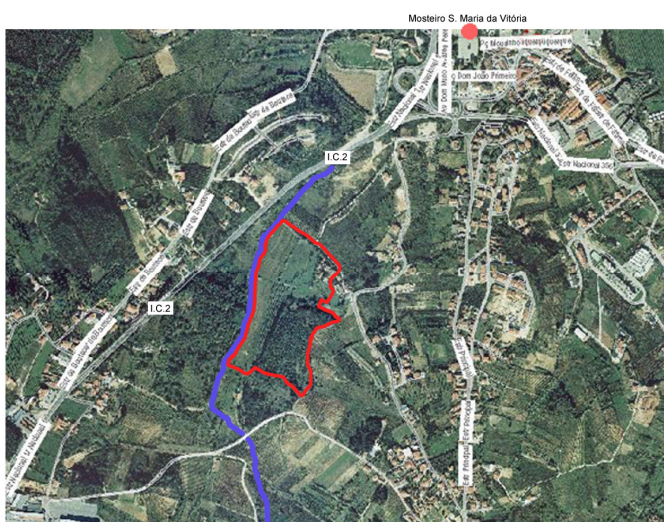


Imagem 1: Situação – Fotografia aérea à escala 1/10.000  
Arquivo: Urbanarte, Leiria

apresentando-se como um local em que as fontes de poluição do ar e sonora são insignificantes (ver imagem 1).

A quinta apresenta uma área total de aproximadamente 8 hectares onde ainda se encontram os antigos edifícios de apoio às actividades agrícolas em tempos ali desenvolvidas (arrecadação de alfaías agrícolas, recolha de animais, adega e palheiro), construções estas que, apesar de praticamente abandonadas, se encontram em bom estado de conservação (ver imagem 2).



Imagem 2: Área de intervenção – Fotografia aérea à escala 1/2.000

Arquivo: Urbanarte, Leiria

A área que constitui a quinta encontra-se num vale, característica

relevante e determinante para o microclima local e em particular para a movimentação de ar e exposição solar. Situa-se numa encosta voltada a oeste, orientação não aconselhável no que se refere à exposição solar, mas privilegiada em relação à visão da paisagem natural cuja beleza é dada pela topografia e pela diversidade da vegetação. A presença de uma nascente de água na extrema este da propriedade e de uma massa arbórea constituída maioritariamente por carvalhos e que se encontra ao centro da mesma apresentam-se ainda como elementos de grande potencial paisagístico e de controlo ambiental.

#### *Enquadramento*

A vila da Batalha, local de implantação deste projecto, apesar de apresentar um aglomerado urbano consolidado, constitui uma zona de baixa densidade de ocupação urbana e com um crescimento que não tem acompanhado outros centros urbanos vizinhos, como é o caso de Leiria. Nos arredores do centro histórico encontram-se ainda, zonas com características marcadamente rurais, onde a presença da actividade agrícola é bastante significativa.

A vila apresenta ainda locais e monumentos de grande interesse histórico e arquitectónico, razão pela qual há um grande controlo, principalmente da parte do Instituto Português do Património Arquitectónico (IPPAR), das construções novas e das intervenções em edifícios existentes, tanto a nível da traça e materiais dos elementos das fachadas como da volumetria, de forma a garantir o seu enquadramento na envolvente.

Mais especificamente quanto ao terreno onde será implantada a residencial assistida, de acordo com o plano de ordenamento do concelho da Batalha e dada a grande extensão do

terreno, parte do mesmo está inserido em 'espaços urbanos', estando uma grande área da quinta afectada aos 'espaços agrícolas'. Apresenta-se assim, como uma zona de transição urbano/rural.

A partir desta descrição pode-se perceber que se trata de uma região com características agrícolas muito marcantes e com uma população com fortes ligações à terra, o que vem determinar o seu modo de vida e os seus costumes.

#### *Utilizadores*

O edifício destina-se a pessoas com mais de 65 anos, da classe média alta, dependentes e que necessitam de recorrer ao apoio de profissionais que lhes assegurem o seu bem-estar. Dividem-se ainda em pessoas com um estado de saúde estável e doentes acamados, num total de 40 residentes.

A partir de pesquisas feitas em outros estabelecimentos congêneres, constatou-se que a localização do estabelecimento é de grande importância na sua escolha, sendo o local de residência dos futuros residentes aquele em que recaem as suas preferências já que torna mais fácil a visita dos filhos, familiares e amigos. Desta forma, o público-alvo desta residencial assistida é prioritariamente pessoas que residem em zonas próximas do local de instalação da residencial, apesar deste não ser um factor restritivo da aceitação dos residentes.

Pode-se assim caracterizar o perfil dos futuros utilizadores como pessoas com uma forte relação com o ambiente natural e em que a questão do espaço é de fundamental importância, não só no que se refere ao dimensionamento dos espaços interiores como a possibilidade de contacto e acesso ao exterior.

#### *Clima*

A proximidade marítima da zona tem uma grande influência no clima local, o que torna o verão mais ameno e a amplitude térmica diária menor, quando comparada às regiões interiores com maior influência continental. Assim, o Inverno apresenta-se como sendo a estação mais exigente.

Segundo o RCCTE o local insere-se na zona climática I2-V2 e apresenta os seguintes dados climáticos de referência a considerar:

FACTORES CLIMÁTICOS DE VERÃO	VALORES MÁXIMOS
Temperatura exterior de projecto	32°C
Amplitude térmica diária	13°C
Insolação	2,2 meses (duração média na estação de arrefecimento)

Quadro 11: Dados climáticos de verão

FACTORES CLIMÁTICOS DE INVERNO	VALORES MÁXIMOS
N.º médio de graus-dia de aquecimento	800°C dia.ano
Energia solar média incidente numa superfície vertical orientada a sul	500KWh/m2.ano

Quadro 12: Dados climáticos de inverno

*Programa base*

O objectivo do promotor é a transformação da quinta num complexo totalmente voltado para pessoas da terceira idade. Um empreendimento que reflecte uma nova mentalidade em que são criados espaços e oferecidos serviços capazes de cativar e acolher um vasto público, desde pessoas que inspiram mais cuidados e que necessitam de acompanhamento, como aquelas auto-suficientes, mas que pretendem usufruir de toda a infra-estrutura e serviços oferecidos, como cuidados médicos, actividades de lazer e serviços de apoio (alimentação, limpeza e arrumação dos quartos) e que estão voltados especificamente para esta faixa da população.

Este empreendimento contempla a construção de uma residencial assistida, objecto deste estudo, um condomínio residencial (para pessoas independentes), assim como espaços de actividades complementares. Estes últimos têm como objectivo criar um elo de ligação entre os residentes e a sociedade civil.

A ideia inicial do cliente é a de utilizar os edifícios existentes e que se encontram junto ao arruamento principal de acesso à quinta, para funções que seriam de uso comum dos residentes e do público em geral, criando uma desejável interacção entre os idosos e a população local, o que vem evitar a condição de isolamento que a maioria dos idosos, nestas condições, se encontram.

Nesta perspectiva foi prevista a adaptação dos antigos edifícios existentes na quinta para dar lugar a espaços destinados a oficinas de pintura e outras actividades manuais, salão de eventos, restaurante e salão de chá. Um novo edifício, ainda junto àqueles existentes e dentro da mesma proposta de integração à sociedade, será concebido de modo a dar lugar a um ginásio para manutenção física e fisioterapia, gabinetes médicos e de estética.

Outras actividades foram ainda propostas pela equipa projectista para o aproveitamento das potencialidades do terreno, como a implantação de uma piscina e uma quadra de ténis semi-públicas, criação de estruturas de actividades ao ar livre como um percurso de manutenção e outros percursos de carácter lúdico, produção e venda de alimentos de agricultura biológica, entre outros.

O edifício que constitui este caso de estudo é composto por um bloco único, por razões óbvias de funcionamento e comodidade dos ocupantes, em que apresenta três zonas distintas: zona destinada aos idosos (quartos, sala de estar e convívio e de refeições), aos funcionários de apoio à residencial e administrativos e zona de serviços (ver desenho 1).

#### *Proposta*

Com base em todos os aspectos descritos acima (aspectos funcionais e culturais, as características do local e os condicionalismos legais) propõe-se um edifício que se pretende actual, onde a integração no local seja conseguida não só através de uma forma simples, como também através dos materiais utilizados nas fachadas e no tratamento dos espaços exteriores envolventes. Estes factores (a forma, os materiais e os arranjos exteriores) não só terão como fim a integração do edifício como serão elementos optimizadores do aproveitamento das características climáticas locais e da utilização de meios passivos de controlo da qualidade do ambiente interior.

#### *Implantação*

Para a implantação do edifício foram considerados não só as condicionantes do próprio terreno como também questões legais que restringiram a sua implantação ao espaço envolvente às construções existentes. Assim, o edifício foi implantado entre os edifícios antigos (a norte) e a massa arbórea constituída maioritariamente por carvalhos (a sul), o que vem criar um microclima específico para esta zona de implantação (ver desenho 2).

Se por um lado os edifícios existentes protegem esta zona dos ventos indesejáveis de norte, por outro o carvalhal presente a sul, além de constituir um elemento de estímulo visual, modifica a direcção e a velocidade dos ventos e contribui para o arrefecimento através do efeito de evapo-transpiração.

Situado numa encosta voltada a poente, o local dispõe ainda de um bom acesso solar sem qualquer elemento que represente um obstáculo à incidência da luz natural. Aliado a isto, a falta de fontes emissoras de poluição do ar ou sonora são ainda factores que possibilitam a aplicação de estratégias de ventilação natural.

Especificamente quanto à implantação do edifício e sua orientação, estas foram definidas de forma a possibilitar a adequada exposição solar dos diversos espaços interiores de acordo com o seu uso, criar uma zona de estar exterior abrigada, de forma a permitir a permanência dos residentes ao exterior, além de tirar partido da visão da paisagem natural envolvente.

Além destes, houve ainda o cuidado em relação ao impacte do edifício na envolvente, já que se trata de um edifício com um volume bastante expressivo. Os arranjos exteriores terão aqui um papel importante na medida em que, através da utilização da vegetação adequada, minimizará



este impacte ao mesmo tempo em que amenizará os ventos indesejados na estação fria e a exposição solar, a oeste, no verão.

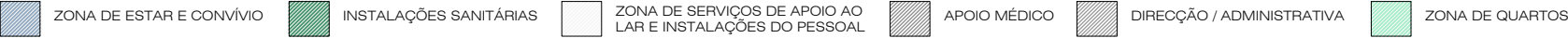
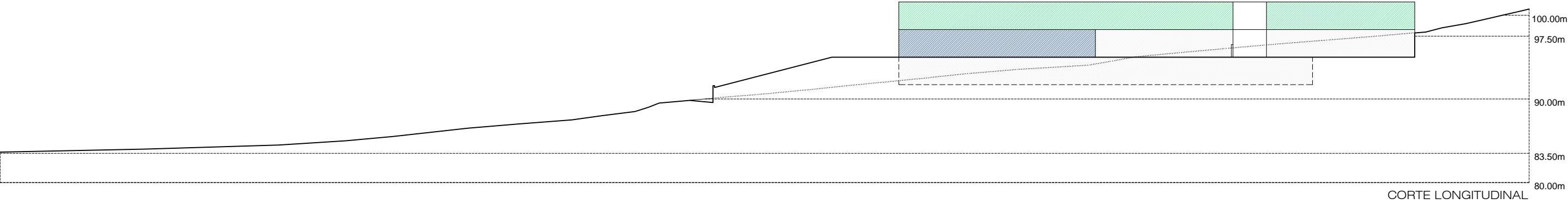
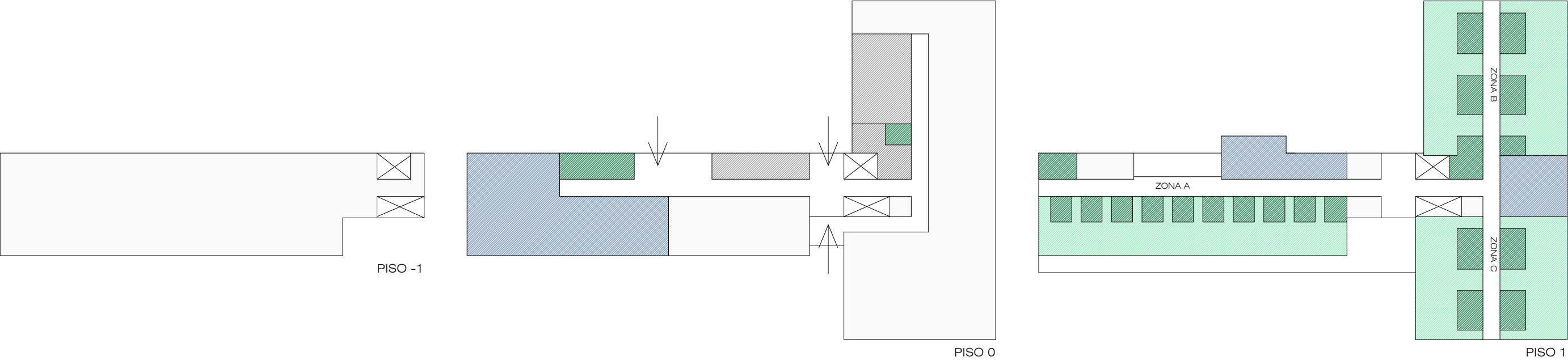
#### *Forma do edifício / Distribuição dos espaços interiores*

O edifício apresenta um bloco único e uma forma em 'T', em que o eixo maior está orientado a este/oeste. Nesta parte do edifício e voltados a sul, localizam-se os espaços em que a permanência de pessoas é contínua e por isto a maior necessidade em termos de aquecimento. Assim, a sala de estar/convívio e de refeições (ao nível do terreno), como também alguns quartos para doentes acamados (no 1º piso) são os compartimentos de escolha para esta orientação (ver desenhos 4 e 5).

A opção formal adoptada, forma linear, foi escolhida não só com o intuito de minimizar o impacte visual na envolvente, mas principalmente como forma de permitir uma melhor resposta quanto às necessidades de aquecimento, de ventilação e de iluminação através da aplicação de sistemas passivos. O controlo solar dos vãos envidraçados, tanto daqueles orientados a sul como os voltados a oeste será realizado por palas e/ou grelhas de madeira amovíveis que asseguram o seu sombreamento.

Outro aspecto que mereceu atenção foi o cuidado com a propagação, para os compartimentos contíguos, dos poluentes provenientes de espaços que, por sua actividade, constituem fontes de poluição, nomeadamente as instalações sanitárias, cozinha, casas de máquinas e garagem. No caso da cozinha e das instalações sanitárias, estas encontram-se, por questões funcionais, próximas às zonas de permanência de pessoas. Para evitar que os gases, cheiros e humidades se propaguem para os restantes espaços, foi prevista a utilização de sistemas de ventilação para a extracção dos poluentes na fonte de emissão. No caso da garagem, optou-se por separá-la funcionalmente dos restantes compartimentos através de uma antecâmara (ver desenho 3), além de dotá-la de um sistema de extracção de poluentes através de exaustores eólicos.

O cuidado com os espaços interiores e a sua organização é ainda uma preocupação, onde a qualidade do estar e do viver é dada pela criação de espaços acolhedores, confortáveis e saudáveis. A forma, o contacto com a paisagem natural envolvente a partir dos envidraçados, assim como os materiais, apresentam-se aqui como elementos fundamentais para se atingir esta meta ao estimular nos utilizadores o sentimento de pertença, pelo reconhecimento das formas e das escalas em que estas são concebidas, como do acolhimento, percebido tanto pelo aspecto visual com pela sensação térmica, dado pelos materiais especificados para o acabamento das superfícies (ver desenhos 6, 7 e 8).



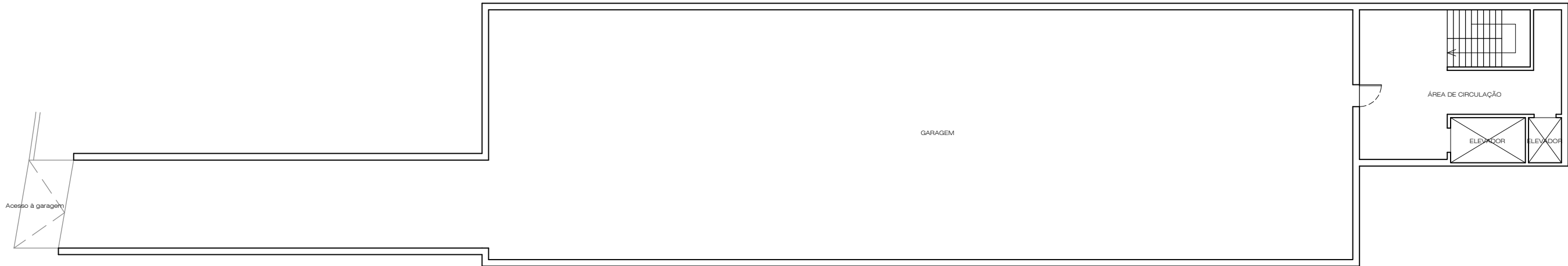
ÁREAS:  
PISO -1 = 549.10 m2 (garagem)  
PISO 0 = 854.60 m2 + 348.80 m2 (áreas com 2.2 m de pé direito - armazéns)  
PISO 1 = 1159.30 m2  
TOTAL = 2013.90 m2 + 348.80 m2 + 549.10 m2 = 2911.80 m2

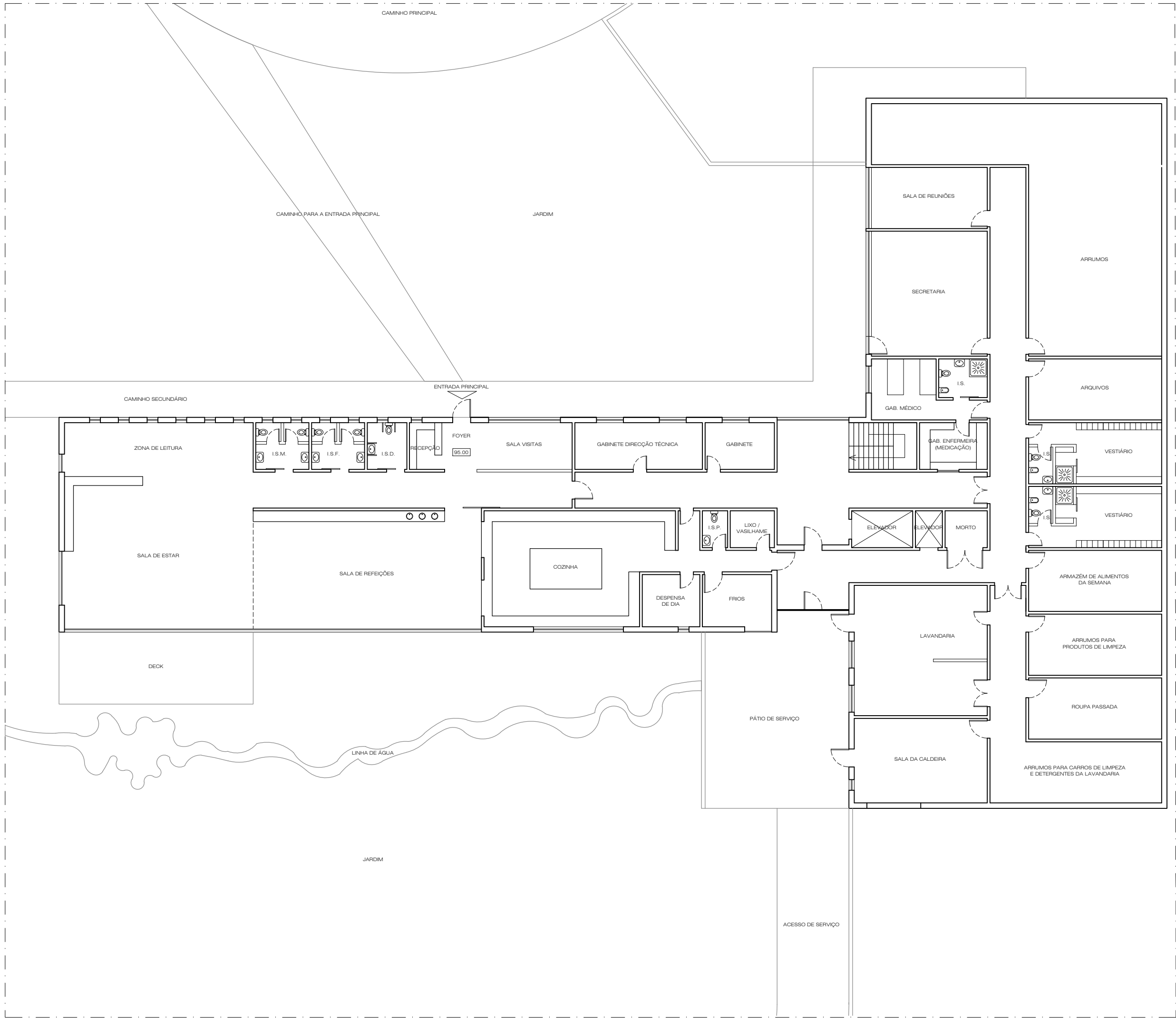
Norte



Implantação  
Quinta Nova - Batalha  
Julho / 2005  
1:500

Norte





Norte



Planta Piso 1  
Quinta Nova - Batalha  
Julho / 2005  
1:200



Norte



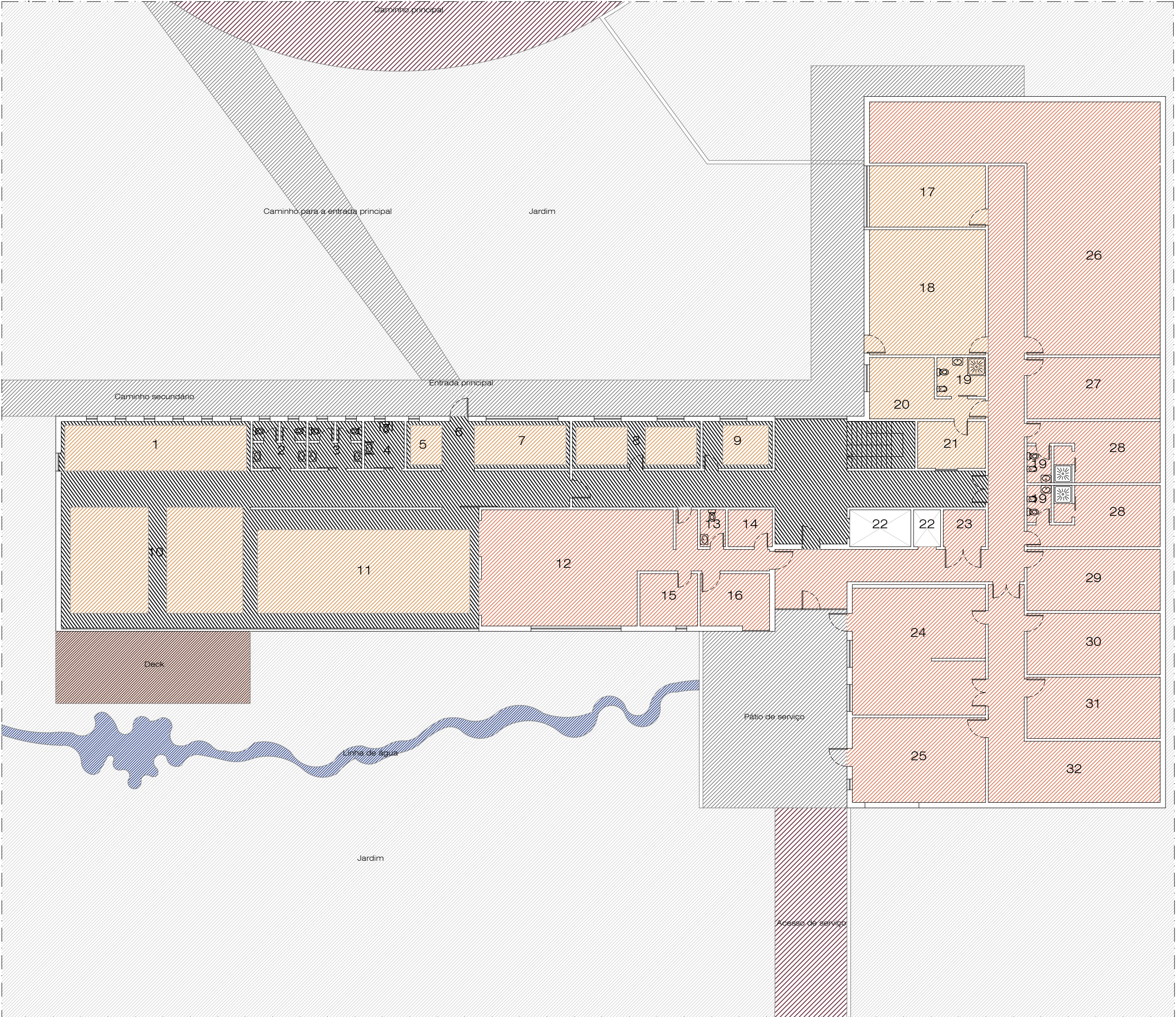
- 1 Garagem
- 2 Área de circulação
- 3 Elevador
- Cerâmica
- Piso em cimento
- Mármore moleanos

Planta de pavimentos - Piso -1

Quinta Nova - Batalha

Julho / 2005

1:200



Norte

- 1 Zona de leitura
- 2 Instalações sanitárias para homens
- 3 Instalações sanitárias para mulheres
- 4 Instalações sanitárias para deficientes
- 5 Recepção
- 6 Foyer
- 7 Sala de visitas
- 8 Gabinete da Direcção Técnica
- 9 Gabinete
- 10 Sala de estar
- 11 Sala de refeições
- 12 Cozinha
- 13 Instalações sanitárias para pessoal
- 14 Lixo / Vasilhame
- 15 Despensa de dia
- 16 Frios
- 17 Sala de reuniões
- 18 Secretária
- 19 Instalações sanitárias
- 20 Gabinete médico
- 21 Gab. Enfermeira (medicação)
- 22 Elevador
- 23 Morto
- 24 Lavandaria
- 25 Sala de caldeira
- 26 Arrumos
- 27 Arquivos
- 28 Vestiário
- 29 Armazém de alimentos da semana
- 30 Arrumos para produtos de limpeza
- 31 Roupa passada
- 32 Arrumos para carros de limpeza e e detergentes da lavandaria

- Calçada à portuguesa
- Cerâmica
- Piso flutuante
- Madeira
- Mármore moleanos
- Relva
- Saibro
- Água

Planta de pavimentos - Piso 0

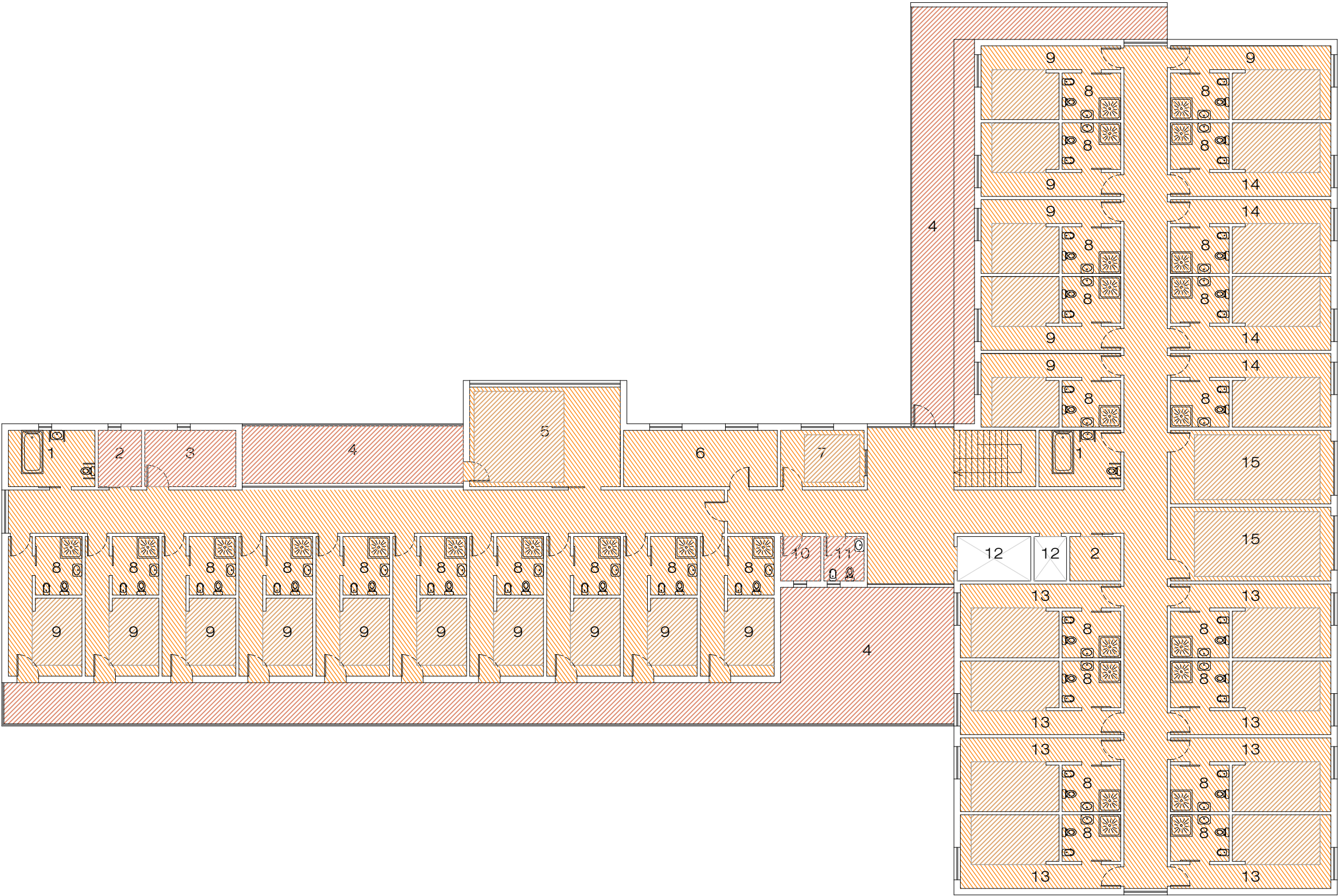
Quinta Nova - Batalha

Julho / 2005

1:200



Norte



Planta de pavimentos - Piso 1

Quinta Nova - Batalha

Julho / 2005

1:200

## 6.2 DEFINIÇÃO DOS OBJECTIVOS / REQUISITOS

No caso específico deste estudo, os objectivos ambientais contemplados restringem-se a apenas 4 parâmetros, a saber:

- a) Requisitos energético-ambientais
- b) Requisitos de conforto higrotérmico
- c) Requisitos de qualidade do ar
- d) Requisitos de aplicação, utilização, manutenção e substituição dos materiais

Os documentos seleccionados como sendo de referência para a definição dos requisitos acima listados foram preferencialmente os regulamentos existentes em Portugal, nomeadamente o RCCTE e o RSECE. No caso em que estes não apresentavam os dados necessários, especificamente quanto ao nível de emissão de poluentes, foi então consultado o relatório dos resultados do projecto INDEX, projecto este coordenado e desenvolvido pelo JRC (*Joint Research Center* – Ispra – Itália), instituição europeia de reconhecida idoneidade.

As metas de desempenho a serem definidas dizem respeito aos espaços interiores do edifício onde esteja prevista a permanência de pessoas, não estando aqui contempladas as arrecadações, casa de máquinas e outros espaços de uso semelhante. Os requisitos de conforto e saúde referem-se às necessidades dos utilizadores em suas actividades, motivo pela qual foram desconsiderados espaços cuja função não prevê a ocupação humana.

Sempre que possível, serão definidas metas quantificáveis o que vem a tornar a tarefa de avaliação dos resultados mais exequível. A definição destes requisitos tem por base o tipo de utilização do espaço/edifício em causa, assim como o padrão e a densidade de ocupação, entre outros. De forma sucinta descreve-se abaixo e de acordo com o espaço, as características principais que se relacionam à sua utilização:

### QUARTO

Padrão de ocupação	Contínuo
Densidade	1 a 2 pessoas
Tipo de actividades	1,0 met = 50 W/m <sup>2</sup>
Vestuário utilizado	0,5 clo (verão) e 0,7 clo (inverno)

## SALA DE ESTAR / CONVÍVIO / LEITURA

Padrão de ocupação	Contínuo
Densidade	40 pessoas (máximo)
Tipo de actividades	1,0 met = 60 W/m <sup>2</sup>
Vestuário utilizado	0,6 clo (verão) e 1,0 clo (inverno)

## SALA DE REFEIÇÕES

Padrão de ocupação	Intermitente
Densidade	40 pessoas (máximo)
Tipo de actividades	1,0 met = 60 W/m <sup>2</sup>
Vestuário utilizado	0,6 clo (verão) e 1,0 clo (inverno)

## GABINETES

Padrão de ocupação	Contínuo (diurna)
Densidade	1 a 2 pessoas
Tipo de actividades	1,1 met = 65 W/m <sup>2</sup>
Vestuário utilizado	0,7 clo (verão) e 1,0 clo (inverno)

## SECRETARIA

Padrão de ocupação	Contínuo
Densidade	2 pessoas
Tipo de actividades	1,1 met = 65 W/m <sup>2</sup>
Vestuário utilizado	0,7 clo (verão) e 1,0 clo (inverno)

## SALA DE REUNIÕES

Padrão de ocupação	Intermitente
Densidade	10 pessoas (máximo)
Tipo de actividades	1,0 met = 60 W/m <sup>2</sup>
Vestuário utilizado	0,7 clo (verão) e 1,0 clo (inverno)

## SALA DE ESTAR / COPA (RESIDENTES)

Padrão de ocupação	Intermitente
Densidade	5 pessoas
Tipo de actividades	1,0 met = 55 W/m <sup>2</sup>
Vestuário utilizado	0,5 clo (verão) e 1,0 clo (inverno)

## COZINHA

Padrão de ocupação	Intermitente
Densidade	5 pessoas
Tipo de actividades	2,0 met = 115W/m <sup>2</sup>
Vestuário utilizado	0,5 clo

Quadro 13: Características de ocupação dos espaços

Fonte: Ordem dos Arquitectos, 2001.

**6.2.1. Requisitos energético-ambientais**

Dentre os requisitos energético-ambientais mencionados no capítulo anterior e que dizem respeito à utilização de materiais com pouca energia embebida, que não prejudiquem a biodiversidade, entre outros, o aspecto relacionado ao baixo consumo de energia através da aplicação de soluções passivas de aquecimento e arrefecimento, é aquele que aqui será contemplado, na medida em que está directamente relacionado ao conforto e à higiene do edifício. O correcto aproveitamento dos recursos climáticos através de um projecto de arquitectura mais consciente e de uma especificação de materiais e técnicas mais adequadas, terão consequências significativas quanto ao desempenho energético-ambiental do edifício.

Os requisitos exigenciais aqui apresentados são os resultantes da expressão referente às necessidades nominais de energia e que constam do RCCTE. Uma vez que o prédio onde será implantado o edifício, objecto deste estudo, localiza-se no concelho da Batalha, foram considerados os parâmetros relativos a esta zona climática (I2-V2).

Assim, os valores de referência no caso específico deste projecto são:

NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA	VALORES EM KWH/M2.ANO
Ni	90,13
Nv	17,09

Ni – Necessidades nominais de aquecimento  
Nv – Necessidades nominais de arrefecimento

Quadro 14: Necessidades nominais de energia (segundo o RCCTE)

**6.2.2. Requisitos de conforto higrotérmico**

Os requisitos de conforto térmico estão definidos, por defeito, no RCCTE como condições convencionadas do ambiente interior:

TEMPERATURA INTERIOR	VALORES EM °C
Temperatura interior mínima	18 (estação de aquecimento)
Temperatura interior máxima	25 (estação de arrefecimento)

Quadro 15: Temperaturas do ar interior de projecto (segundo o RCCTE)

O RSECE define ainda valores referência de temperatura e humidade. Pelo facto destes serem utilizados para efeitos de verificação das potências térmicas dos sistemas de climatização, caso não contemplado neste estudo, e por se saber que as exigências de conforto são mais exigentes quando se trata de espaços climatizados mecanicamente, não serão considerados os valores definidos neste regulamento.

### 6.2.3. Requisitos de qualidade do ar

Os requisitos de qualidade do ar podem ser subdivididos em dois parâmetros: 1) taxa de renovação do ar e que está intimamente relacionada ao caudal de ar novo recomendado por ocupante e o 2) nível de emissão de substâncias poluentes.

Os valores referentes ao caudal de ar novo por ocupante estão definidos no RSECE, sendo este o documento de referência para este caso. Abaixo pode-se verificar os valores definidos para cada espaço conforme a sua utilização:

ESPAÇOS	CAUDAL DE AR NOVO POR OCUPANTE	N.º DE OCUPANTES	CAUDAL DE AR NOVO TOTAL
Quartos	30m³/h	1 - 2 pessoas	30-60m³/h
Sala de estar/convívio/leitura	30m³/h	40 pessoas	1200m³/h
Sala de refeições	35m³/h	40 pessoas	1400m³/h
Gabinetes	35m³/h	2 pessoas	70m³/h
Secretaria	35m³/h	2 pessoas	70m³/h
Sala de reuniões	35m³/h	10 pessoas	350m³/h
Sala de estar/copa	30m³/h	5 pessoas	150m³/h
Cozinha	30m³/h	5 pessoas	150m³/h

Quadro 16: Caudal de ar novo por pessoa e por espaço (segundo o RSECE)

Na definição dos níveis de emissão de poluentes máximos admissíveis, por não se encontrar dados sobre o tema em nenhum regulamento existente em Portugal, foi escolhido como referência o relatório dos resultados do Projecto INDEX. Na tabela abaixo pode-se verificar os vários poluentes, considerados prioritários devido ao impacte na saúde e o respectivo nível de emissão máximo admissível.

## POLUENTES QUÍMICOS

POLUENTE QUÍMICO	VALORES MÁXIMOS
Formaldeído	30µg/m <sup>3</sup> (30 minutos)
Dióxido de azoto	40µg/m <sup>3</sup> (1 semana)
Monóxido de Carbono	30mg/m <sup>3</sup> (1 hora) ou 10mg/m <sup>3</sup> (1 semana)
Benzeno	Não há um valor definido, sendo aconselhável que a sua concentração seja a mais baixa possível
Naftaleno	10µg/m <sup>3</sup> (não está definido o tempo de exposição limite)

Quadro 17: Valores de poluentes químicos máximos admissíveis

Fonte: INDEX Project, 2004

## PARTÍCULAS EM SUSPENSÃO

PARTÍCULAS EM SUSPENSÃO	VALORES MÁXIMOS
Respiráveis (PM2.5)	0,06mg/m <sup>3</sup> (24h)
Inaláveis (PM10)	0,15 mg/m <sup>3</sup> (24h)

Quadro 18: Valores de partículas em suspensão máximos admissíveis (segundo US EPA, 1996)

Fonte: ISIAQ, 2004

**6.2.4. Requisitos de aplicação, manutenção e substituição dos materiais**

Os requisitos de aplicação, manutenção e substituição dos materiais estão intimamente relacionados à qualidade do ar dos espaços, sendo muitos dos problemas causados pela utilização de materiais e produtos com altos níveis de emissão de poluentes. Por este motivo, foram contempladas nas fichas de componentes e materiais um espaço reservado às observações em relação a estas questões, nomeadamente no que se refere a:

- Utilização, na aplicação, manutenção e substituição dos materiais, de produtos certificados (ou com declaração) quanto ao seu grau de emissão de poluentes;
- Taxa de ventilação aquando da aplicação dos produtos;
- Necessidade em seguir os procedimentos técnicos de execução dos trabalhos, de acordo com o caderno de encargos.

### 6.3. APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS

Tendo sido definidos os objectivos ambientais pretendidos para o caso de estudo, passa-se a apresentar as estratégias para atingi-los. Estas estratégias fazem parte do método de especificação de materiais que consta do item 5.3. Para cada estratégia apresentada segue-se uma listagem de procedimentos e respectivas escolhas de materiais e técnicas, resultado da aplicação do método ao caso de estudo.

As estratégias relativas aos requisitos energético-ambientais (soluções passivas de aquecimento e arrefecimento) e de conforto higrotérmico são coincidentes neste estudo, motivo pelo qual serão apresentadas estas estratégias em conjunto. Quanto às estratégias para os requisitos da qualidade do ar, em muitos casos, também são coincidentes com as de conforto higrotérmico, como por exemplo nas questões relativas às pontes térmicas, à estanquidade dos caixilhos dos vãos envidraçados, à ventilação, entre outros. Por este motivo as estratégias não serão apresentadas em etapas estanques e nem com a mesma sequência em que foram listados os requisitos, mas sim seguindo uma ordem que pretende facilitar todo o processo de especificação de materiais. Com isto, iniciou-se o processo com as estratégias passivas de aquecimento e arrefecimento. Segue-se as estratégias de qualidade do ar, sendo esta separação não apresentada de uma forma tão definida, pelos motivos já expostos acima e que se prendem à coincidência de estratégias.

Com a apresentação desta sequência não se pretende definir uma hierarquia das diversas matérias, uma vez que não é a intenção deste estudo avaliar a prioridade de um assunto em relação a outro.

## 6.3.1. Estratégias aplicadas ao caso de estudo

ESTRATÉGIAS	APLICAÇÃO NO CASO DE ESTUDO
Restringir trocas de calor por condução	<p>ISOLAMENTO DA ENVOLVENTE</p> <p><i>Pavimento</i> (sobre espaço exterior não aquecido) – Laje aligeirada isolada pelo exterior com placas de poliestireno expandido com 6cm de espessura.</p> <p><i>Paredes exteriores</i> – Paredes exteriores com pano duplo de alvenaria de tijolo com espessuras respectivamente de 15cm (interior) e 11cm (exterior) com caixa-de-ar de 5cm de espessura, parcialmente preenchida por placas de poliestireno extrudido de 3cm de espessura;</p> <p><i>Cobertura</i> – Laje aligeirada isolada pelo exterior com placas de poliestireno expandido com 6cm de espessura.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aplicação de vidros duplos com baixa emissividade;</li> <li>– Aplicação de caixilhos em alumínio lacado com baixo coeficiente de transmissão térmica;</li> </ul> <p><i>Tratamento das pontes térmicas</i> – Colocação de tijolo furado com 7cm de espessura na face exterior dos pilares, vigas e topo de lajes;</p>
Controlar infiltração	Aplicação de caixilharia com boa estanquidade.
Evitar ganhos solares no verão	<p>Aplicação de vidros duplos com factor solar inferior a 0,15;</p> <p>Utilização de palas de sombreamento a sul e estores exteriores nos vãos voltados a este e a oeste;</p> <p>Escolha de cores claras para a envolvente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– A cobertura, por estar coberta com uma camada de brita, apresenta uma cor clara;</li> <li>– As paredes exteriores serão pintadas a branco.</li> </ul>
Promover ganhos solares no inverno	<i>Ganho directo</i> : vão envidraçados a sul nos locais de maior permanência das pessoas (sala de convívio e grande parte dos quartos – acamados);
Promover inércia forte	<p>INÉRCIA TÉRMICA EXTERIOR FORTE –</p> <p><i>Pavimento</i> (sobre espaço exterior não aquecido) – Laje aligeirada isolada pelo exterior com placas de poliestireno expandido com 6cm de espessura.</p> <p><i>Paredes exteriores</i> – Execução das paredes exteriores com pano duplo de alvenaria de tijolo com espessuras respectivamente de 15cm (interior) e 11cm (exterior) com caixa-de-ar de 5cm de espessura, parcialmente preenchida por placas de poliestireno extrudido de 3cm de espessura;</p> <p><i>Cobertura</i> – Laje aligeirada isolada pelo exterior com placas de poliestireno expandido com 6cm de espessura.</p> <p>INÉRCIA TÉRMICA INTERIOR FORTE –</p> <p><i>Revestimento do pavimento</i> – Aplicação de materiais de revestimento (pedra ou cerâmica) com elevada massa superficial útil numa grande superfície do compartimento. Em espaços em que há uma maior permanência de pessoas foi feito um zonamento em relação ao tipo de pavimento, sendo aplicado pavimento em soalho flutuante nos locais em que se</p>



	<p>localizam os sofás e cadeiras de forma a evitar o desconforto dado pela temperatura de superfície do material em contacto directo com as pessoas.</p> <p><i>Pavimento</i> (separação dos pisos) – Laje aligeirada com 15cm de espessura e sem isolamento.</p>
Controlar emissões na fonte – Seleccionar materiais e técnicas baixo emissivas	Dos materiais especificados assim como dos produtos utilizados na sua aplicação, foi exigido um certificado ou na inexistência deste, de uma declaração passada por uma instituição idónea, relativa à emissão dos materiais.
Definir uma estratégia de ventilação natural que responda às solicitações de conforto (arrefecimento no verão), saúde (fornecimento de ar novo) e higiene (remoção e diluição de poluentes) dos espaços	<p>Adopção de uma estratégia de ventilação natural transversal (sentido norte-sul) para arrefecimento do ambiente (no verão), fornecimento do caudal de ar novo necessário, diluição e extracção dos poluentes. Esta ventilação é feita através de janelas basculantes localizadas na parte superior dos vãos envidraçados e por venezianas colocadas acima das portas, evitando a corrente de ar ao nível dos ocupantes;</p> <p>Definição de uma alta taxa de ventilação natural do espaço destinado a garagem (tiragem térmica); As janelas e venezianas são providas de manípulos que facilmente podem ser controlados pelos ocupantes.</p>
Controlar a qualidade do material – Escolher materiais adequados ao uso e de qualidade certificada	<p>Os materiais foram especificados segundo os seguintes critérios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Alta resistência à humidade dos materiais a aplicar junto aos acessos ao exterior;</li> <li>– Bom comportamento à humidade quando aplicadas em zonas húmidas (cozinha e instalações sanitárias);</li> <li>– Permeabilidade ao ar e ao vapor d'água;</li> <li>– Durabilidade;</li> <li>– Certificação ou declaração emitida por instituição credenciada.</li> </ul>

Quadro 19: Estratégias aplicadas ao caso de estudo

#### 6.4. PREENCHIMENTO DAS FICHAS DE ESPECIFICAÇÃO DE COMPONENTES E MATERIAIS

Antes de dar início ao preenchimento das fichas de componentes, faz-se uma selecção inicial dos materiais a utilizar e que constam do mapa de acabamentos (ver quadro 21). A seguir é feita uma listagem dos componentes e materiais que serão alvo de avaliação neste caso de estudo (ver quadro 22). Os componentes/materiais submetidos a análise são aqueles que se apresentam como possíveis intervenientes na qualidade do ambiente interior, responsáveis pelo desempenho final dos espaços e do edifício como um todo. Os elementos como dobradiças, puxadores e outros que apresentam uma área pouco significativa em relação ao total das áreas das superfícies, não serão por este motivo, considerados. Cada componente seleccionado será assim alvo de uma análise através de alguns parâmetros relevantes para a verificação do seu desempenho. Estes dados serão registados nas fichas de componentes (ver fichas 1 a 8).

**MAPA DE ACABAMENTOS****PISO -1****GARAGEM**

Pavimento	Cerâmico tipo 'Cinca' 0,30x0,30
Rodapé	Cerâmico tipo 'Cinca'
Paredes	Reboco pintado
Tecto	Reboco pintado

**PISO 0****FOYER / RECEPÇÃO / SALA DE ESPERA**

Pavimento	Pedra Moleanos amaciado / Flutuante tipo 'Wicanders' em Faia
Rodapé	Pedra Moleanos amaciado
Paredes	Reboco pintado
Tecto	Reboco pintado

**SALA DE ESTAR**

Pavimento	Pedra Moleanos amaciado / Flutuante tipo 'Wicanders' em Faia
Rodapé	Pedra Moleanos amaciado
Paredes	Reboco pintado
Tecto	Reboco pintado

**SALA DE LEITURA**

Pavimento	Pedra Moleanos amaciado / Flutuante tipo 'Wicanders' em Faia
Rodapé	Pedra Moleanos amaciado
Paredes	Reboco pintado
Tecto	Reboco pintado

**SALA DE REFEIÇÕES**

Pavimento	Pedra Moleanos amaciado / Flutuante tipo 'Wicanders' em Faia
Rodapé	Pedra Moleanos amaciado
Paredes	Reboco pintado
Tecto	Reboco pintado

**GABINETE DA DIRECÇÃO TÉCNICA / GABINETE**

Pavimento	Pedra Moleanos amaciado / Flutuante tipo 'Wicanders' em Faia
Rodapé	Pedra Moleanos amaciado
Paredes	Reboco pintado
Tecto	Reboco pintado

## CIRCULAÇÃO HORIZONTAL (ÁREA UTENTES)

Pavimento	Pedra Moleanos amaciado
Rodapé	Pedra Moleanos amaciado
Paredes	Reboco pintado
Tecto	Reboco pintado

## INSTALAÇÃO SANITÁRIA (UTENTES)

Pavimento	Cerâmico tipo 'Cinca' 0,30x0,30
Rodapé	Cerâmico tipo 'Cinca' 0,15x0,15
Paredes	Reboco pintado
Tecto	Reboco pintado

## COZINHA

Pavimento	Cerâmico tipo 'Cinca' 0,30x0,30
Paredes	Cerâmico tipo 'Cinca' 0,15x0,15
Tecto	Reboco pintado

## DESPENSA DE DIA

Pavimento	Cerâmico tipo 'Cinca' 0,30x0,30
Paredes	Cerâmico tipo 'Cinca' 0,15x0,15
Tecto	Reboco pintado

## FRIOS

Pavimento	Cerâmico tipo 'Cinca' 0,30x0,30
Paredes	Cerâmico tipo 'Cinca' 0,15x0,15
Tecto	Reboco pintado

## LAVANDARIA

Pavimento	Cerâmico tipo 'Cinca' 0,30x0,30
Paredes	Cerâmico tipo 'Cinca' 0,15x0,15
Tecto	Reboco pintado

## SALA DA CALDEIRA

Pavimento	Cerâmico tipo 'Cinca' 0,30x0,30
Rodapé	Cerâmico tipo 'Cinca'
Paredes	Reboco pintado
Tecto	Reboco pintado

## ARRUMOS PARA A ROUPA PASSADA

Pavimento	Cerâmico tipo 'Cinca' 0,30x0,30
Rodapé	Cerâmico tipo 'Cinca'
Paredes	Reboco pintado
Tecto	Reboco pintado

## ARRUMOS / ARRUMOS PARA PRODUTOS DE LIMPEZA

Pavimento	Cerâmico tipo 'Cinca' 0,30x0,30
Rodapé	Cerâmico tipo 'Cinca'
Paredes	Reboco pintado
Tecto	Reboco pintado

Quadro 20: Mapa de acabamentos

MAPA DE COMPONENTES			MAPA DE SISTEMAS / MATERIAIS		
Envolvente					
ESTRUTURA	Fundações		Betão armado		
	Lajes de piso	Sobre espaço interior não aquecido	Pavimento	Revestimento de piso Betonilha de regularização Laje maciça Isolamento térmico Revestimento de tecto	
		Sobre espaço interior aquecido	Pavimento	Revestimento de piso Betonilha de regularização Laje maciça Revestimento de tecto	
	Pilares e Vigas		Betão armado		
	Cobertura	Não visitável	Cobertura invertida	Camada de protecção Isolamento térmico Impermeabilização Camada de forma Laje maciça	
	Visitável, em terraço		Cobertura	Revestimento de piso Impermeabilização Camada de forma Isolamento térmico Laje maciça Revestimento de tecto	
FACHADA	Paredes opacas		Revestimento exterior Alvenaria Acabamento interior		
	Vãos	abrir/correr/fixos oscilobatentes	Sombreamento		
			Janela	Vidro duplo Caixilharia	Perfil Ferragens Puxadores / Muleta Vedantes
			Peitoril Soleira		
	Varandas		Guarda	Varão Ferragens	
			Pavimento <sup>3</sup>	Revestimento de piso Betonilha de regularização Impermeabilização Camada de forma Isolamento térmico Laje maciça	
			Sombreamento		

<sup>3</sup> Neste caso o pavimento da varanda é a própria cobertura do piso inferior, estando assim este item já definido acima (cobertura em terraço).

MAPA DE COMPONENTES		MAPA DE SISTEMAS / MATERIAIS	
Interiores			
PAREDES	Opacas	Paredes divisórias	Acabamento Revestimento Alvenaria Rodapé
	Vãos	porta batente	Folha Acabamento Aduelas Ferragens Puxadores Fechadura e chave
		porta de correr	Folha Dobradiças Puxador Fechadura e chave Estrutura Aduelas Acabamento
		passa-pratos	Aros Tampo de balcão Acabamento
ESCADAS			Revestimento Laje Acabamento inferior Corrimão Ferragens
EQUIPAMENTOS	Cozinhas	Armários	Estrutura Ferragens Puxadores Electrodomésticos Lava-loica Torneiras Ventilação
	Casa de banho		Equipamento sanitário Torneiras Ventilação Seca-toalhas
	Quartos	Roupeiros	Estrutura Ferragens Puxadores

MAPA DE COMPONENTES		MAPA DE SISTEMAS / MATERIAIS
Interiores		
REDES	<b>Instalações eléctricas</b>  <b>IT (telefones, rede informática e TV)</b> <b>Águas</b> <b>Esgotos</b> <b>Gás</b> <b>Ventilação / aquecimento</b>	Iluminação Tomadas Interruptores
EQUIPAMENTOS MECÂNICOS	<b>Elevadores</b>	

Quadro 21: Mapa de componentes / materiais – Caso de Estudo



## FICHA DE COMPONENTES

Tipologia de Edifício	Lar de 3. <sup>a</sup> Idade				
Categoria	Estrutura – Laje de piso				
Componente	Pavimento sobre espaço interior não aquecido				
<b>Constituição</b>					
	Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica – $\lambda$ (W/m2.°C)	Coeficiente de transmissão térmica – K (W/m2.°C)	Certificação do Material
Revestimento de piso	Ladrilhos cerâmicos	15	1,15	0,55	
	Pedra Mármore	30	2,90		
Betonilha de regularização	Betonilha	100	0,20		
Laje maciça	Betão	105	1,75		
Isolamento térmico	Poliestireno expandido	60	0,035		
Revestimento de tecto	Reboco	15	1,15		
	Pintura	-	-		
Pavimento sobre espaço interior não aquecido		350			
<b>Especificação</b>					
Revestimento de piso	Ladrilho cerâmico				
	Mármore Moleanos amaciado				
Betonilha de regularização	Betão de inertes de argila expandida				
Laje maciça	Laje maciça de betão armado				
Isolamento térmico	Placas de poliestireno expandido moldado				
Revestimento de tecto	Reboco areado fino				
	Pintura a tinta plástica de cor branca				
<b>Características</b>					
Tratamento das pontes térmicas (laje)				Sim	
Permeabilidade ao ar e ao vapor de água				Sim	
Durabilidade					
Garantia				5 anos	
Empresa com certificação de qualidade				ISO 9001	
<b>Observações</b>					
<p>Seguir os procedimentos previstos no caderno de encargos na execução dos trabalhos;</p> <p>Seleccionar produtos certificados na aplicação e manutenção dos materiais;</p> <p>Promover o aumento da taxa de ventilação adequada da execução dos trabalhos de aplicação e manutenção dos materiais.</p>					

Ficha 2: Ficha de componentes – Pavimento sobre espaço interior não aquecido

## FICHA DE COMPONENTES

Tipologia de Edifício	Lar de 3.ª Idade				
Categoria	Estrutura – Laje de piso				
Componente	Pavimento sobre espaço interior aquecido				
<b>Constituição</b>					
	Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica – $\lambda$ (W/m2.°C)	Coefficiente de transmissão térmica – K (W/m2.°C)	Certificação do Material
Revestimento de piso	Ladrilhos cerâmicos	15	1,15		
	Pedra Mármore	30	2,90		
Betonilha de regularização	Betonilha	100	0,20		
Laje maciça	Betão armado	150	1,75		
Revestimento de tecto	Reboco	15	1,15		
	Pintura	-	-		
Pavimento sobre espaço interior aquecido		300			
<b>Especificação</b>					
Revestimento de piso	Ladrilho cerâmico				
	Mármore Moleanos amaciado				
Betonilha de regularização	Betão de inertes de argila expandida				
Laje maciça	Laje maciça de betão armado				
Revestimento de tecto	Reboco areado fino				
	Pintura a tinta plástica de cor branca				
<b>Características</b>					
Tratamento das pontes térmicas (laje)				Sim	
Permeabilidade ao ar e ao vapor d'água				Sim	
Durabilidade					
Garantia				5 anos	
Empresa com certificação de qualidade				ISO 9001	
<b>Observações</b>					
<p>Seguir os procedimentos previstos no caderno de encargos na execução dos trabalhos;</p> <p>Seleccionar produtos certificados na aplicação e manutenção dos materiais;</p> <p>Promover o aumento da taxa de ventilação adequada da execução dos trabalhos de aplicação e manutenção dos materiais.</p>					

Ficha 3: Ficha de componentes – Pavimento sobre espaço interior aquecido

## FICHA DE COMPONENTES

Tipologia de Edifício	Lar de 3.ª Idade
Categoria	Estrutura – Cobertura
Componente	Cobertura não visitável

## Constituição

	Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica – $\lambda$ (W/m2.°C)	Coefficiente de transmissão térmica – K (W/m2.°C)	Certificação do Material
Camada de protecção	Brita	30	0,70		
Isolamento térmico	Poliestireno expandido	60	0,035		
Impermeabilização	Manta geotextil	2	0,23		
Camada de forma	Betonilha	100	0,20		
Laje maciça	Betão	150	1,75		
Cobertura não visitável		330		0,40	

## Especificação

Camada de protecção	Camada de brita n.º 3
Isolamento térmico	Placas de poliestireno expandido moldado
Impermeabilização	Manta geotextil
Camada de forma	Betão de inertes de argila expandida
Laje maciça	Laje maciça de betão armado

## Características

Tratamento das pontes térmicas (laje)	Sim
Permeabilidade ao ar e ao vapor d'água	Sim
Durabilidade	
Garantia	5 anos
Empresa com certificação de qualidade	ISO 9001

## Observações

Seguir os procedimentos previstos no caderno de encargos na execução dos trabalhos;  
 Seleccionar produtos certificados na aplicação e manutenção dos materiais;  
 Promover o aumento da taxa de ventilação adequada da execução dos trabalhos de aplicação e manutenção dos materiais.

Ficha 4: Ficha de componentes – Cobertura não visitável

## FICHA DE COMPONENTES

Tipologia de Edifício	Lar de 3.ª Idade				
Categoria	Estrutura – Cobertura				
Componente	Cobertura visitável / Terraço				
<b>Constituição</b>					
	Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica – $\lambda$ (W/m2.°C)	Coefficiente de transmissão térmica – K (W/m2.°C)	Certificação do Material
Camada de protecção	Ladrilhos cerâmicos	15	1,15		
Isolamento térmico	Poliestireno expandido	60	0,035		
Impermeabilização	Manta geotextil	2	0,23		
Camada de forma	Betonilha	100	0,20		
Laje maciça	Betão armado	150	1,75		
Cobertura visitável / Terraço		315		0,40	
<b>Especificação</b>					
Camada de protecção					
Isolamento térmico	Placas de poliestireno expandido moldado				
Impermeabilização	Manta geotextil				
Camada de forma	Betão de inertes de argila expandida				
Laje maciça	Laje maciça de betão armado				
<b>Características</b>					
Tratamento das pontes térmicas (laje)				Sim	
Permeabilidade ao ar e ao vapor d'água				Sim	
Durabilidade					
Garantia				5 anos	
Empresa com certificação de qualidade				ISO 9001	
<b>Observações</b>					
<p>Seguir os procedimentos previstos no caderno de encargos na execução dos trabalhos;</p> <p>Seleccionar produtos certificados na aplicação e manutenção dos materiais;</p> <p>Promover o aumento da taxa de ventilação adequada da execução dos trabalhos de aplicação e manutenção dos materiais.</p>					

Ficha 5: Ficha de componentes – Cobertura visitável / Terraço

## FICHA DE COMPONENTES

Tipologia de Edifício	Lar de 3.ª Idade				
Categoria	Fachada – Paredes opacas				
Componente	Paredes opacas				
<b>Constituição</b>					
	Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica – $\lambda$ (W/m2.°C)	Coefficiente de transmissão térmica – K (W/m2.°C)	Certificação do Material
Revestimento exterior	Reboco	15	1,15		
	Pintura	-	-		
Alvenaria	Tijolo	290			
Acabamento interior	Reboco	15	1,15		
	Pintura	-	-		
Paredes opacas		302			
<b>Especificação</b>					
Revestimento exterior	Reboco areado fino				
	Pintura a tinta plástica de cor branca				
Alvenaria	Pano simples de tijolo furado aditivado tipo Termoargila (40x20x29)				
Acabamento interior	Reboco areado fino				
	Pintura a tinta plástica de cor branca				
<b>Características</b>					
Tratamento das pontes térmicas (pilar)				Sim	
Impermeabilidade à água				Sim	
Permeabilidade ao ar e ao vapor d'água				Sim	
Durabilidade					
Garantia				5 anos	
Empresa com certificação de qualidade				ISO 9001	
<b>Observações</b>					
<p>Seguir os procedimentos previstos no caderno de encargos na execução dos trabalhos;</p> <p>Selecionar produtos certificados na aplicação e manutenção dos materiais;</p> <p>Promover o aumento da taxa de ventilação adequada da execução dos trabalhos de aplicação e manutenção dos materiais.</p>					

Ficha 6: Ficha de componentes – Paredes opacas

## FICHA DE COMPONENTES

Tipologia de Edifício	Lar de 3.ª Idade				
Categoria	Fachada – Vãos				
Componente	Vãos de abrir				
<b>Constituição</b>					
	Material	Espessura (mm)	Condutibilidade térmica – $\lambda$ (W/m2.°C)	Coefficiente de transmissão térmica – K (W/m2.°C)	Certificação do Material
<b>Sombreamento</b>	Estore exterior				
<b>Janela</b>					
Vidro	Vidro		1,10		
Caixilharia	Alumínio		230		
Peitoril	Pedra Moleanos	30	2,90		
Vãos de abrir				2,90	
<b>Especificação</b>					
Sombreamento	Estores exteriores com lâminas horizontais orientáveis com 8cm				
Janela					
Vidro	Vidro duplo (6+10+8mm) transparente				
Caixilharia	Caixilharia de alumínio anodizado à cor natural				
Peitoril	Pedra Moleanos amaciado				
<b>Características</b>					
Possibilidade de abertura				Sim	
Durabilidade					
Garantia					
<b>Observações</b>					
<p>Seguir os procedimentos previstos no caderno de encargos na execução dos trabalhos;</p> <p>Seleccionar produtos certificados na aplicação e manutenção dos materiais;</p> <p>Promover o aumento da taxa de ventilação adequada da execução dos trabalhos de aplicação e manutenção dos materiais.</p>					

Ficha 7: Ficha de componentes – Vãos de abrir

## 6.5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Na concepção deste caso de estudo – Estudo prévio para uma Residencial Assistida – foram aplicadas as estratégias propostas na metodologia de especificação de materiais (ver quadros 6 e 7). Através do edifício, mais especificamente da sua envolvente, foi possível criar barreiras com o exterior, gerenciar as trocas térmicas de acordo com as necessidades dos espaços e controlar as infiltrações. A inércia térmica foi ainda aplicada de acordo com as cargas térmicas de cada espaço, assim como do seu padrão de ocupação. A ventilação foi ainda assegurada de uma forma natural e de modo a não representar um elemento de desconforto aos ocupantes, na medida em que foi permitida a circulação de ar ao nível do tecto. O sistema de ventilação natural foi ainda concebido de forma a proceder à remoção e/ou diluição dos poluentes provenientes da cozinha, instalações sanitárias, entre outros espaços. Os materiais de construção foram especificados tendo em atenção a sua adequação ao uso a que se destinam, cuidando para que estes não se deterioreem e percam as suas propriedades. Salienta-se apenas, a dificuldade em se obter, dos fabricantes, uma certificação ou declaração de instituição competente, dos níveis de emissão de poluentes dos vários materiais.

Assim, pensa-se ter alcançado, em termos gerais, o objectivo da concepção de um edifício capaz de proporcionar um ambiente de boa qualidade, no âmbito da proposta deste estudo, e com um racional consumo de energia. Contudo, ficou aqui em falta a informação relativa ao nível de emissões dos materiais, isto é, uma certificação ou declaração de uma instituição idónea sobre esta matéria.

# 7.

## CONCLUSÕES

Neste trabalho foi possível responder aos objectivos específicos:

- a) Caracterizando o problema nas diversas vertentes, ambiental, energética, arquitectónica e dos materiais;
- b) Estabelecendo uma metodologia de abordagem da questão da especificação dos materiais de construção e revestimento em sintonia com o percurso do processo projectual;
- c) Ilustrando num caso de estudo o “modo de emprego” da metodologia como rotina de alcance do profissional de arquitectura.



# 8.

## PROPOSTA DE ESTUDOS FUTUROS

Tendo em conta que o que esteve aqui em causa foi uma tese de mestrado, com as suas limitações de âmbito e de tempo, naturalmente muito fica por fazer na exploração da própria metodologia.

Esta mesma poderia ser mais conclusiva se não vivessem ainda em tempo em que a própria informação sobre as características dos materiais é escassa, não sistematizada, ainda menos, normalizada, em geral.

Neste quadro seria interessante poder explorar a pista aqui aberta por estudos futuros, nomeadamente:

1. Pela exploração de meios digitais de implementação das rotinas de selecção dos materiais;
2. Pela investigação dos meios de relacionamento entre as características dos materiais e sua quantidade em obra e as correspondentes necessidades de ventilação acrescidas em função do grau “ecológico” ou de “limpeza” dos materiais a usar.

## BIBLIOGRAFIA GERAL

ABRANTES, Vítor; FREITAS, Vasco Peixoto de; *O Isolamento Térmico da Envolvente dos Edifícios Face ao Novo Regulamento*; The Dow Chemical Company; 1993.

ANDERSON, Jane; SHIERS, David E.; SINCLAIR, Mike; *The Green Guide to Specification – An Environmental Profiling System for Building Materials and Components*; Blackwell Science; 2002.

ANINK, David; BOONSTRA, Chiel; MAK, John; *Handbook of Sustainable Building – An Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in Construction and Refurbishment*; James & James; London; 1996.

AULICIEMS, A.; SZOKOLAY, S. V.; *Thermal Comfort*; The University of Queensland Printery; Brisbane; Australia; 1997.

BLUYSSSEN, Philomena M.; FERNANDES, E. O.; *Indoor Air Quality and Energy Consumption: A European Project for Optimization*; Proceedings of European Conference on Energy Performance and Indoor Climate in Buildings; Lyon, France; 19946.

BRATSBERG, B. A. et al.; *Building Hygiene – Implementing in New Buildings*; Proceedings of Healthy Buildings '95; Milano, Italy; 1995.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT; *BREEAM 98 for Offices: an Environmental Assessment Method for Office Buildings*; Building Research Establishment; Garston, Watford, UK; 1998.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT; *ECOHOMES – The Environmental Rating for Homes*; Building Research Establishment; Garston, Watford, UK; 2002.

CANHA DA PIEDADE, António; MORET RODRIGUES, António; RORIZ, Luís Filipe; *Climatização em Edifícios – Envolvente e Comportamento Térmico*; Edições Orion; Amadora; 2003.

CARMO, T.A.; Prado, R.T.A.; *Qualidade do Ar Interno*; Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; São Paulo; 1999.

COLE, Raymond; HOWARD, Nigel; IKAGA, Toshihara; Nibel, Sylviane; *Building Environmental Assessment Tools: Current and Future Roles*; (Em linha); [Consult. 2004]; Disponível na WWW: <URL: [http://www.sb05.com/academic/4&5\\_IssuePaper.pdf](http://www.sb05.com/academic/4&5_IssuePaper.pdf)>

CONSTANTINO, Mario; *The Comfort Engineer and the Indoor Environment*; Proceedings of Healthy Buildings '95; Vol. 1; Milan, Italy; 1995.

DECRETO-LEI 38 382 DE 7 DE AGOSTO; *Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU)*; Imprensa Nacional – Casa da Moeda; Lisboa; 1951.

DECRETO-LEI 40/90 DE 6 DE FEVEREIRO; *Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)*; Imprensa Nacional – Casa da Moeda; Lisboa; 1990.

DECRETO-LEI 118/98 DE 7 DE MAIO; *Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)*; Imprensa Nacional – Casa da Moeda; Lisboa; 1998.

ECA; *Indoor Air Quality and the Use of Energy in Buildings*; Report n.º 17; EUR 16367 EN; 1996.

ECA; *Ventilation, Good Indoor Air Quality and Rational Use of Energy*; Report n.º 23; EUR 20741 EN; 2003.

FANGER, P.O.; *Thermal Comfort – Analysis and its Application in Environment Engineering*; McGraw-Hill Book Company; New York; 1972.

FANGER, P.O.; *Providing Indoor Air of High Quality: Challenges and Opportunities*; Proceedings of Healthy Buildings '2003; Singapore; 2003.

FERNANDES, E. O.; CORTESÃO, Camilo; MALDONADO, E. A. B.; ABRANTES, Victor; *Passive Solar Technologies in Portugal – Regional and Thermal Perspectives*; Proceedings of International Conference on PLEA; Seville, Spain; 1986.

FERNANDES, E. O.; *Indoor Air Quality: Insights for Designing Energy Efficient Buildings*; Proceedings of Workshop on Indoor Air Quality; Lausanne; 1991.

FERNANDES, E. O.; *Edifícios e Ambiente*; Workshop THERMIE; Sintra; 1993.

FERNANDES, E. O.; *The Relationship Comfort - Energy*; Proceedings of EUROFORUM on Renewable Energies; Paris; 1994.

FERNANDES, E. O.; BLUYSSSEN, Philomena M.; CLAUSEN, Geo; *Indoor Air Quality: The Hidden Side of Indoor Environment*; Proceedings of 4<sup>th</sup> European Conference on Architecture; Germany; 1996.

FERNANDES, E. O.; BLUYSSSEN, Philomena M.; CLAUSEN, Geo; SAARELA, K.; KIRCHNER, J.L.; BISCHOFF, H.; KNUDSEN, N.; MATHIS – *Materials for Healthy Indoor Spaces and more Energy Efficient Buildings*; Proceedings of Indoor Air 99; Edinburgh, Scotland; 1999.

FERNANDES, E. O.; *Energy Use and Links with Air Quality*; Proceedings of Workshop on Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure; 2000.

CLAUSEN, Geo; FERNANDES, E. O.; FANGER, P. O.; *European Data Base on Indoor Air Pollution Sources in Buildings*; Proceedings of 7<sup>th</sup> Conference on Indoor Air Quality and Climate; Nagoya, Japan; 1996.

HOPE Project; *Health, Comfort and Energy Performance in Buildings – How to Get Them Altogether*; HOPE; 2005.

GIVONI, B.; *Man, Climate and Architecture*; Applied Science Publishers; London; 1969.

HALL, Edward T.; *A Dimensão Oculta*; Relógio D'água Editores L.da; Lisboa; 1966.

INDEX PROJECT; *Summary on Recommendations and Management Options*; IHCP – Joint Research Centre – Ispra, Italy; 2004.

ISIAQ – CIB Task Group TG 42; *Performance Criteria of Buildings for Health and Comfort*; ISIAQ; 2004.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R.; *Eficiência Energética na Arquitetura*; PW Editores; São Paulo; 1997.

KOHLSDORF, Maria Elaine; *Percepção Ambiental – Contexto Histórico e Aplicações ao Tema Urbano*; Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da UFMG; Belo Horizonte; 1987.

LEVIN, Hall; *Building Ecology: An Architect's Perspective on Healthy Buildings*; Proceedings of Healthy Buildings '95; Vol. 1; Milan, Italy; 1995.

LEVIN, Hall; *Ten Basic Concepts for Architects and Other Building Designers*; [Em linha]; [Consult. 2001]; Disponível na WWW: URL: <http://www.hazard.com/library/iaq/iaq.html>

LEVIN, Hall; *Design For People: What Do Building Occupants Really Want?*; Proceedings of Healthy Buildings '2003; Singapore; 2003.

OLGYAY, Victor.; *Design with Climate – Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*; Princeton University Press; Princeton; New Jersey, USA; 1973.

ORDEM DOS ARQUITECTOS; *A Green Vitruvius – Princípios e Práticas de Projecto de Arquitectura Sustentável*; 2001.

PEREIRA, Alexandre; POUPA, Carlos; *Como Escrever uma Tese, Monografia ou Livro Científico Usando o Word*; Edições Sílabo; Lisboa, 2003.

PIARDI, S.; CARENA, P.; OBERTI, I.; RATTI, A.; *Healthy Building Materials Selection Guide*; Proceedings of Healthy Buildings '95; Vol. 1; Milano, Italy; 1995.

ROULET, Claude-Alain; JOHNER, Niklaus; FORANDINI, Flavio; COX, Christian; *Creating Healthy and Energy-Efficient Buildings: Lessons Learned From the HOPE Project*; 2003.

SEBESTYEN, Gyula; *New Architecture and Technology*; Architectural Press; Oxford; 2003.

SEPPANEN, Olli; *Healthy Buildings – from Science to Practice*; Proceedings of Healthy Buildings '2003; Singapore; 2003.

U.S. GREEN BUILDING COUNCIL; *LEED – Green Building Rating System 2.0*; U.S. Green Building Council; USA; 2001.

WHO; *Strategic Approaches to Indoor Air Policy-making*; World Health Organization; 1999.

WOLVERTON, B. C.; *How to Grow Fresh Air – 50 Houseplants that Purify Your Home or Office*; Penguin Books; New York; 1996.